

karoline sørensen

Analyse av innsamlings- og sorteringsmetoder for EoL tekstiler: en case studie av TRV

Analysis of Collection and Sorting Methods for
End-of-Life Textiles: a Case Study of TRV

Bacheloroppgave i Logistikingeniør
Veileder: Heidi Carin Dreyer
Mai 2024

karoline sørensen

Analyse av innsamlings- og sorteringsmetoder for EoL tekstiler: en case studie av TRV

Analysis of Collection and Sorting Methods for
End-of-Life Textiles: a Case Study of TRV

Bacheloroppgave i Logistikingeniør
Veileder: Heidi Carin Dreyer
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for økonomi
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av Karoline Sørensen som et avsluttende prosjekt bachelorstudiet Logistikingeniør ved institutt for industriell økonomi og teknologiledelse (IØT) på NTNU Trondheim våren 2024. Oppgaven er skrevet i emnet TLOG3001, og utarbeidet i samarbeid med Trondheim Renholdsverk på bakgrunn av det nye EU direktivet på tekstilavfall.

Oppgaven undersøker innsamlings- og sorteringsmuligheter for tekstilavfall på gjenvinningsstasjonen til Trondheim Renholdsverk. Hensikten med undersøkelsen er å utforske kostnadseffektive løsninger for innsamling og sortering, som oppfyller kravene i EU direktivet og samtidig er en enkel løsning både for forbruker og Trondheim Renholdsverk.

Jeg vil her takke for et godt samarbeid med TRV Gruppen og rette en stor takk til mine kontaktpersoner; Ingjerd Olden Bunkholt (Utviklingsleder TRV Gruppen) og Anh Quynh Nguyen (Prosjektleder utvikling TRV Gruppen) for deres engasjement og tilgjengelighet i perioden. Jeg vil også takke min veileder Heidi Carin Dreyer (professor ved IØT) for konstruktive tilbakemeldinger og hyggelige møter gjennom prosjektet.

Karoline Sørensen

Trondheim, 22. mai 2024

Abstract

Textiles are the fourth highest category for the use of primary raw materials and water, and fifth for Greenhouse Gas (GHG) emissions, and it is estimated that less than 1% of textiles globally are recycled into new textiles (EU). In light of the new EU directive EU for sustainable management of end-of-life (EoL) textiles and an upcoming tender for EoL textiles for TRV, the thesis investigates collection and sorting options for end-of-life textiles at the Trondheim Renholdsverk (TRV).

The method for the study is a combination of qualitative and quantitative research methodologies, including case studies and data analysis. Different scenarios for collection and sorting are evaluated and compared to identify the most sustainable and cost-effective alternatives. The aim of the study is to recommend a solution for collection and sorting of EoL textiles that is both economical for TRV and meets the requirements of the EU directive in a sustainable way. This is done by answering the following research questions:

F1: Where and how should the collection and sorting of EoL textiles take place to promote sustainability and circularity, and what barriers are linked to the handling of EoL textiles?

F2: How can different collection and sorting methods for textile waste at the recycling station be optimized to maximize circularity and sustainability while minimizing costs?

The analysis reveals challenges associated with the collection of textiles, as the solution must be simple for the consumer and cost-effective for TRV. Consideration must be given to non-profit actors already on the market while ensuring that all textiles are sorted. The analysis shows that pre-sorting is a cost-effective measure that leads to lower sorting needs for TRV, while NF&TA (2024) and Jäämaa and Kaipia (2022) emphasize that it is challenging for consumers to distinguish between reusable textiles and textile waste.

The study concludes with a collection system that includes pre-sorting by consumers, which requires awareness and training of consumers on proper sorting. This solution is considered the best to achieve the desired circularity of the value chain for EoL textiles, while being financially feasible for TRV. The solution offers easy disposal of EoL textiles for consumers and ensures correct sorting at the same time. However, it is emphasized that the study has limitations in terms of assessing all relevant information, and further research is recommended on various collection and sorting strategies as extended producer responsibility and other guidelines come into place.

Sammendrag

Tekstiler er den fjerde høyeste kategorien for bruk av primære råmaterialer og vann, og femte for Greenhouse Gas (GHG) utslipp, og det er estimert at mindre enn 1% av tekstiler globalt er resirkulert til nye tekstiler (EU). På bakgrunn av det nye EU direktivet EU for bærekraftig håndtering av EoL tekstiler og et oppkommende anbud på EoL tekstiler for TRV undersøker oppgaven innsamlings- og sorteringsmuligheter for end-of-life (EoL) tekstiler ved gjenvinningsstasjonen til Trondheim Renholdsverk (TRV).

Metoden for undersøkelsen er en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ forskningsmetodikk, inkludert case-studier og dataanalyse. Det evalueres ulike scenarier for innsamling og sortering som sammenlignes for å identifisere de mest bærekraftige og kostnadseffektive alternativene. Målet med undersøkelsen er å kunne anbefale en løsning for innsamling og sortering av EoL tekstiler som er både økonomisk for TRV og oppfyller kravene til EU direktivet på bærekraftig måte. Dette gjøres ved å besvare følgende forskningsspørsmål:

F1: Hvor og hvordan bør innsamling og sortering av EoL tekstiler foregå for å fremme bærekraft og sirkularitet, og hvilke barrierer er knyttet til håndteringen av EoL tekstiler?

F2: Hvordan kan ulike innsamlings- og sorteringsmetoder for tekstilavfall på gjenvinningsstasjonen optimaliseres for å maksimere sirkularitet og bærekraft samtidig som kostnadene minimeres?

Analysen viser utfordringer i forbindelse med innsamling av tekstilene, da løsningen må være enkel for forbruker og kostnadseffektiv for TRV. Det må tas hensyn til ideelle aktører som allerede er på markedet samtidig som innsamlingen sørger for at alle tekstiler kilde-sorteres. Analysen viser at presortering er et kostnadseffektivt tiltak som fører til lavere sorteringsbehov for TRV, mens NF&TA (2024) og Jäämaa and Kaipia (2022) fremhever at det er utfordrende for forbruker å skille ombrukbare tekstiler og tekstilavfall.

Undersøkelsen konkluderer med en henteordning som inkluderer presortering av forbruker, og krever bevisstgjøring og opplæring av forbruker på riktig sortering. Denne løsningen er vurdert til å være beste løsning for å oppnå den ønskede sirkulariteten til verdikjeden for EoL tekstiler, samtidig som den er økonomisk for TRV. Løsningen tilbyr enkel avhending av EoL tekstiler for forbruker og sørger samtidig for riktig sortering. Det understrekes likevel at undersøkelsen har begrensninger i forhold til vurdering av all relevant informasjon, og det anbefales videre forskning på forskjellige innsamlings- og sorteringsstrategier ettersom ordninger som produsentansvaret kommer på plass.

Innhold

Forord	i
Abstract	ii
Sammendrag	iii
Figurer	vii
Tabeller	viii
Begrepsforklaring	ix
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problembeskrivelse	2
1.3 Mål	3
1.4 Avgrensninger	4
2 Teoretisk bakgrunn	5
2.1 Returlogistikk	5
2.2 Postponement theory	6
2.3 First mile problem	7
2.4 Markedsbildet	8
2.5 Optimeringsmodellering	9
3 Metode	10
3.1 Valg av metode	10
3.2 Struktur	11

3.3	Innhenting av data	12
3.3.1	Kvalitativ data	12
3.4	Analyse av tekstilstrømmer	12
3.5	Case beskrivelse	14
3.5.1	Pilotprosjektet	17
4	Analyse	18
4.1	Modeller	19
4.1.1	Variabler	19
4.1.2	Beregningsmodeller	21
4.2	Scenarier	27
4.2.1	Scenario 0: Dagens løsning – bringeordning	28
4.2.2	Scenario 1: Henteordning uten presortering	29
4.2.3	Scenario 2: Henteordning med presortering	29
4.2.4	Scenario 3: Returpunkt	30
4.3	Resultater	31
4.3.1	Antall sorteringsfraksjoner	31
4.3.2	Resultater scenario 1	31
4.3.3	Resultater scenario 2	32
4.3.4	Resultater scenario 3	32
5	Diskusjon	33
5.1	F1: Hvor og hvordan bør innsamling og sortering av EoL tekstiler foregå for å fremme bærekraft og sirkularitet, og hvilke barrierer er knyttet til håndteringen av EoL tekstiler?	33
5.2	F2: Hvordan kan ulike innsamlings- og sorteringsmetoder for tekstilavfall på gjenvinningsstasjonen optimaliseres for å maksimere sirkularitet og bærekraft samtidig som kostnadene minimeres?	35
5.3	Usikkerhet rundt resultatene	36
6	Konklusjon	38
	Referanseliste	40
	Appendix	42

A	Standardavtale	43
B	Forprosjekt	45
C	Skallmodell	52
D	KI Deklarasjon	53
E	Excelmodeller	54

Figurer

2.1	Beslutningspyramide (Wilson and Goffnett 2022; Fig. 1)	6
2.2	Fire strategier for verdikjedestyring (Pagh and Cooper 1998)	7
2.3	Tonn innsamlet hos Fretex og UFF Trondheim vs. hos TRV	9
3.1	Undersøkelsens Struktur	11
3.2	Bilder av dagens situasjon	15
3.3	Dagens situasjon	16
3.4	Tonn per fraksjon	16
3.5	Innsamlingspilot TRV	17
4.1	Overordnet modell	19
4.2	Sorteringsmetode	21
4.3	Kg innsamlet per husstand	21
4.4	Beregningsmodell tekstilmengde per år	24
4.5	Beregningsmodell tekstilmengde per uke	24
4.6	Beregningsmodell operatørbehov per år	25
4.7	Årlig forbrenningskostnad	25
4.8	Årlig inntekt ombrukbare tekstiler	26
4.9	Årlig inntekt resirkulerbare tekstiler	26
4.10	Beregningsmodell totale kostnader	27
4.11	Scenario 0: Dagens løsning	28
4.12	Scenario 1: Henteordning uten presortering	29
4.13	Scenario 2: Henteordning med presortering	30
4.14	Scenario 3: Returpunkt	31

Tabeller

3.1	Datagrunnlag analyse	13
3.2	Kvalitativt datagrunnlag	13
4.1	Beregningsmodeller	22
4.2	Beregninger to-strøms sortering	22
4.3	Beregninger tre-strøms sortering	23
4.4	Beregninger fler-strøms sortering	23
4.5	Scenariobeskrivelser	27

Begrepsforklaring

EoL	End of Life
TRV	Trondheim Renholdsverk
GHG	Greenhouse Gas
NGO	Non-Governmental Organisation
Avhending	Her: Når tekstiler går fra forbruker til NGO eller gjenvinningsstasjon
Tekstilavfall	Her: Tekstiler som har blitt til avfall jf. forurensningsloven §27

Kapittel 1

Innledning

1.1 Bakgrunn

Tekstilindustrien har lenge vært ansett som en miljøverstering, og er årsak til at mellom 200 000 og 500 000 tonn mikroplast havner i havet per år (EEA, 2022). Tekstiler er den fjerde høyeste kategorien for bruk av primære råmaterialer og vann, og femte for Greenhouse Gas (GHG) utslipp, og det er estimert at mindre enn 1% av tekstiler globalt er resirkulert til nye tekstiler (EU; Ch. 3.5). I følge Ivert et al. (2022; p. 4), er det økende interesse for sirkularitet i tekstilindustrien, men det eksisterer flere barrierer knyttet til økonomi, kapasitet og effektivitet for å realisere sirkularitet i sektoren. Tekstilverdikjeden er global, med millioner av produsenter og billioner av konsumenter over hele verden (EEA 2019; Ch. 1). Den etablerte lineariteten til dagens verdikjede er en av rotårsakene til problemene med overgangen til sirkularitet, inkludert usikkerhet knyttet til hvordan pre-sortering skal foregå, hvilke aktører som er involvert, og gjennomførbarheten Ivert et al. (2022; p. 5) i tillegg til at verdikjeden er avhengig av både forbruker, organisasjoner og institusjoner og hvordan de leverer deres end-of-life (EoL) tekstiler, kalt First mile problem” (Ivert et al. 2022; p. 4). For produkter som inngår i et sirkulært system vil verdikjeden gå i motsatt retning enn tradisjonelle verdikjeder, altså fra forbruker til bedrifter. Dette gjelder også for EoL tekstiler. Det vil føre til at innsamlere av EoL tekstiler må balansere effektiv innsamling og brukervennlighet Ivert et al. (2022; p. 4), og et godt samarbeid mellom involverte aktører vil være nødvendig. Fordi verdikjeden til tekstiler er kompleks og sammensatt, har EU kommet med en omfattende strategi for tekstiler, basert på innspill fra industrien og andre interessenter. Denne strategien er rettet mot å styrke innovasjon og konkurransedyktighet i tekstilsektoren, samtidig som den fremmer et marked for bærekraftige og sirkulære tekstiler i EU, inkludert ombruk, og nye bedriftsmodeller (EU; Ch. 3.5). I strategien settes det spesifikke krav til separat innsamling av EoL tekstiler, materialgjenvinning, og forberedning til ombruk (Regjeringen 2021; Ch. 4.4.2). Disse kravene retter seg mot hvordan man skal håndtere tekstilene når de ikke lenger er i bruk og eventuelt er blitt til avfall. Mepex (2023; p. 2-3) beregnet at i perioden 2021-2022 kvittet nordmenn seg med 79 000 tonn tekstiler, via tre strømmer: innlevering til tekstilboks, avhending som restavfall fra husholdninger gjennom kommunal henteordning (rest-HH), og avhending som restavfall innlevert på gjenvinningsstasjon (rest-GVS). I rapporten beskrives det at omtrent 40% av EoL tekstilene ble levert til innsamling, mens omtrent 60% ble avhendet enten i strømmen for henting eller levert til kommunal gjenvinningsstasjon. Dette fører til tapte verdier, fordi EoL tekstiler som kunne gått til gjenbruk eller gjenvinning blir sendt til forbrenning.

For å redusere mengden tekstiler i restavfallet iverksetter EU et nytt rammedirektiv for EoL (End-of-Life) tekstiler med fokus på å oppnå en grønnere, mer sirkulær tekstilsektor (og miljødepartementet). De nye kravene for EoL tekstiler Regjeringen (2021; Ch. 4.4.2) fører til flere endringer for Norge knyttet til håndteringen av slike tekstiler, som endringer i avfallsforskriften Forskrift 10a, beskrevet i avsnitt 3.5, og økodesignforordningen (Regjeringen 2022) og produsentansvarordningen Regjeringen (2023), beskrevet i avsnittene under.

Økodesignforordningen skal bidra til å fremme miljømessig bærekraftige produkter, og tilpasse produktene til en klima-nøytral, sirkulær økonomi, som reduserer avfall. Dette skal gjøres ved å legge til rette for å begrense bruk og innhold av kjemikalier slik at produktene blir mer miljøvennlig (Regjeringen 2022). Denne forordningen er en del av tiltakene for å fremme en mer miljøvennlig og sirkulær tekstilindustri, og vil sette krav til produsenter på hvilke materialer de bruker og hvordan produksjonen foregår, og vil være i tillegg til det nye produsentansvaret. Produsentansvaret er delvis beskrevet i avfallsforskriften Forskrift 10a; §10a-8, men mangler spesifisitet og er enda ikke kommet helt på plass. Det er lagt inn krav til at produsenter skal sørge for utsortering av tekstilavfallet, men det er ikke spesifisert hvordan. Regjeringen satte i 2022 sammen en arbeidsgruppe for å foreslå innretning for og elementer som bør inngå i et produsentansvar for tekstiler (og Miljødepartementet 10.10.2023). Forslaget til arbeidsgruppen er blant annet at produsenten er ansvarlig for produktdesign, ombruk, innsamling, sortering, avfallsbehandling, oppnåelse av materailgjenvinningsgrad og rapportering av data (Regjeringen 2023; Ch. 1.2.). Dette legger alt ansvar på produsenten, fra produksjon til avhending.

Det finnes allerede ordninger for innsamling av EoL tekstiler i dag, med løsninger som innlevering hos HM Tekstilinnsamling, kommunale løsninger som levering på gjenvinningsstasjoner Tekstilgjenvinning TRV, og NGO som UFF og Fretex med sine innsamlingsbokser (Tekstilboks Fretex). Tekstilene består av en rekke forskjellige, og ofte en miks av fibertyper, og må derfor sorteres. Dette er krevende, både fordi det krever kjennskap til materialtypene og det er en økonomisk belastning. Markedet for gjenbruk er begrenset, og markedet for gjenvinning er umodent, som betyr at materialene har begrenset verdi (Rubach et al. 2023; Ch. 3.3.6). Dette fører til usikkerhet om kostandene ved sorteringen blir dekket opp av tekstilene som blir innsamlet. Formålet med økodesignforordningen og produsentansvaret er å produsere bærekraftige tekstiler og redusere den økonomiske belastningen knyttet til håndteringen av EoL tekstiler.

Krav om ombruk og gjenvinning er viktige fremtidige ressurser for å oppnå bærekraftsmålene (FNs Bærekraftsmål). Eksisterende og nye krav som separat innsamling, bærekraftig innsamling og sortering, og økodesignforordningen Regjeringen (2022) gjør dette til et veldig dagsaktuelt problem, og det har nylig vært gjennomført pilotprosjekter på tekstilinnsamling i flere kommuner gjennom organisasjonen (NF&TA 2024). Den store andelen tekstiler som havner i restavfallet er en av de største utfordringene knyttet til de kommende kravene, fordi det er usikkerhet knyttet til hvordan gjenvinningsstasjonene skal håndtere disse mengdene, og hvor de skal fraktes videre (Møtereferat; 28.02.24).

1.2 Problembeskrivelse

De nye retningslinjene for håndtering av EoL tekstiler stiller større krav til norske kommuner i forbindelse med utsortering av tekstiler fra restavfallet. Den reviderte avfallsforskriften Forskrift 10a krever separat innsamling av tekstilavfall, slik at det ikke skal være

tekstiler i restavfallet, noe som kan øke belastningen på gjenvinningsstasjonen til TRV i form av manuell sortering og kostnader knyttet til håndtering og oppbevaring av tekstiler. Tekstilavfall er definert i avfallsforskriften som tekstilavfall; tekstiler som har blitt avfall jf. forurensningsloven §27, som for eksempel klær, gardiner, sengetøy og lignende” (Forskrift 10a; §10a-3, g.). Tekstilhåndtering utgjør logistiske utfordringer på grunn av usikkerhet som kan deles inn i flere kategorier: Ansvarsfordelig, sorteringskriterier, antall fraksjoner, og økonomiske aspekter. Er det kommuner, forbruker eller produsenter som skal ta ansvaret for sorteringen, og hvordan tekstilene skal sorteres. I hvilke, og hvor mange fraksjoner (ombrukbart, resirkulerbart, fibertype etc.) skal sorteringen finne sted, og hvilke kostnader er knyttet til sortering. Disse utfordringene er sammensatte og behøver en integrert tilnærming. Et samarbeid mellom kommuner, NGO, fibersorteringsanlegg og forbruker vil være nødvendig for å sikre en bærekraftig og økonomisk løsning for håndtering av EoL tekstiler. TRV har i dag avtale med Fretex for innsamlede tekstiler på sin gjenvinningsstasjon på Heggstadmoen, der Fretex tar imot både gjenbrukbare og ”ikke-gjenbrukbare tekstiler (tekstiler til resirkulering og tekstilavfall). Denne avtalen krever at tekstilene er presortert på gjenvinningsstasjonen i gjenbrukbare og tekstiler som kan resirkuleres i forskjellige bur, som vist i figur 3.2. Forbruker leverer tekstilene på Heggstadmoen og vurderer selv hvilket bur de tilhører. Denne avtalen utløper i årsskiftet 24/25, og TRV må legge tekstilhåndtering ut på anbud (Møtereferat; Dato: 20.11.23).

1.3 Mål

TRV ønsker informasjon om hva som er egnet innsamlings- og sorteringsløsning på gjenvinningsstasjonen i forbindelse med anbudsprosessen, og trenger derfor å vite hva tilbudet skal omhandle. Dvs. om EoL tekstilene skal pre-sorteres av forbruker eller ikke og hva det krever av forbruker, hva det kreves av innsats av TRV for å sortere, eller om de ber NGO om å sortere. Målet med oppgaven er derfor å anbefale en innsamlings- og sorteringsmetode for EoL tekstiler som er økonomisk for TRV samtidig som den fremmer bærekraftig håndtering av tekstilene. På bakgrunn av dette gjennomfører oppgaven analyser for å få innsikt hvilke tekstiler (*gjenbrukbare og tekstilavfall*) forskjellige aktører tar imot, i tillegg til en analyse av kostnader knyttet til sortering av EoL tekstiler på Heggstadmoen, for å til slutt kunne komme med forslag til anbudskriterier for TRV ved å besvare to forskningsspørsmål:

F1: Hvor og hvordan bør innsamling og sortering av EoL tekstiler foregå for å fremme bærekraft og sirkularitet, og hvilke barrierer er knyttet til håndteringen av EoL tekstiler?

F2: Hvordan kan ulike innsamlings- og sorteringsmetoder for tekstilavfall på gjenvinningsstasjonen optimaliseres for å maksimere sirkularitet og bærekraft samtidig som kostnadene minimeres?

Disse spørsmålene undersøkes ved kvalitative og kvantitative metoder. De kvalitative metodene består av intervjuer av aktuelle aktører og litteraturstudie, mens de kvantitative metodene består av en kostnadsanalyse knyttet til innsamling og sortering av tekstiler på gjenvinningsstasjonen på Heggstadmoen.

1.4 Avgrensninger

Undersøkelsen begrenses til EoL tekstiler samlet inn på gjenvinningsstasjonen til TRV på Heggstadmoen per år, og bruker data fra 2020 - 2022 som grunnlag for beregninger. Denne perioden er valgt med hensyn på kostnadsberegninger vurdert i årlig sammenheng. Analysen er avgrenset til å ta for seg tekstilmengden levert inn hos TRV totalt per år, og tar ikke for seg den totale mengden samlet inn i Trondheim både for TRV og NGO. Oppgaven tar utelukkende for seg sortering og innsamling hos TRV basert på kostnader, og tar ikke hensyn til fysiske avgrensninger som plassmangel og personal. Det er også kort beskrevet forhold som produsentansvarsordningen og økodesignforordningen, som ikke er tatt med i beskrivelsen i annen grad enn bakgrunnsinformasjon. Denne avgrensningen er bestemt slik at omfanget av undersøkelsen ikke skal bli for stort.

Kapittel 2

Teoretisk bakgrunn

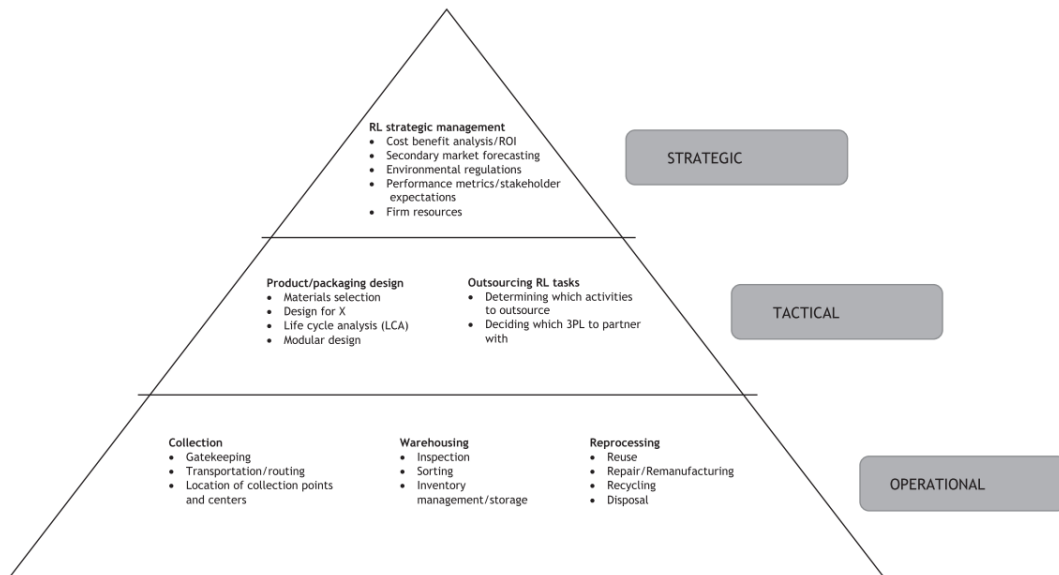
Dette kapittelet presenterer det teoretiske grunnlaget for undersøkelsen og omfatter litteratur om returlogistikk, 'postponement theory', prosessoptimering, 'first mile problem', en oversikt over markedsbildet for EoL tekstiler, og en beskrivelse av caset. Hensikten med kapittelet er å etablere fundamentet for å kunne besvare forskningsspørsmålene.

2.1 Returlogistikk

Begrepet returlogistikk innebærer materialflyt i motsatt retning av hovedflyten, og skiller seg fra foroverflyt på flere områder. I foroverflyten skjer distribusjon av produkter fra få punkter til flere punkter, ofte med store, forutsigbare kvantiteter av høy verdi og uniform kvalitet. Den høye forutsigbarheten kombinert med automatisk sporing og avanserte prognoser bidrar til lavere enhetskostnader for transport og materialhåndtering (Wilson and Goffnett 2022; Ch. 2). I returflyten distribueres produktene fra mange punkter til sentraliserte lokasjoner, ofte i små mengder i mindre forutsigbare intervaller med manuell sporing. Dette fører til høyere transport- og lagringskostnader, i tillegg til høy variabilitet i kvalitet for både produkt og innpakning, som igjen fører til behov for manuell inspeksjon og sortering (Wilson and Goffnett 2022; Ch. 2). Distribusjon på denne måten er knyttet til utfordringer som 'first mile problem', beskrevet i avsnitt 2.3. Returlogistikk – i likhet med tradisjonelle, lineære systemer – er dermed en kompleks prosess, med flere aktiviteter og beslutninger som kan organiseres i strategisk, taktisk, og operasjonelt nivå. Disse er beskrevet i avsnittet under.

Figur 2.1 illustrerer vanlige beslutningskategorier i returlogistikk på strategisk, taktisk, og operasjonelt nivå. Disse strategiene bygger på hverandre, I dette avsnittet beskrives kort disse strategiene, med hovedfokus på taktisk nivå, fordi det har størst relevans for undersøkelsen da den skal levere anbefalinger på hvorvidt prosesser bør outsources eller ikke, som er beslutninger som gjøres på mellomlang sikt – taktisk nivå. Strategisk nivå innebærer langsiktige beslutninger, typisk 2-10 år Simchi-Levi et al. (2022; p. 15), knyttet til ressurser, kostnader, interessenter, miljøaspekter etc. (Wilson and Goffnett 2022; Ch. 3.1). På taktisk nivå blir beslutninger tatt på mellomlang sikt, gjerne mellom 6-24 mnd (Simchi-Levi et al. 2022; p. 15). Taktiske beslutninger bestemmer hvor ressurser skal allokteres over kortere planleggingsperioder, gjerne uker eller måneder. Slike beslutninger inkluderer koordinering av produksjon, distribusjonsstrategier og lagerbehov blant annet Simchi-Levi et al. (2022; p. 424) På operasjonelt nivå tas beslutninger på kort sikt, gjerne ikke lengre enn 3 mnd fram i tid (Simchi-Levi et al. 2022; p. 15). Denne undersøkelsen

benytter teori på returlogistikk for å kartlegge utfordringer for materialflyten til EoL tekstiler, når disse skal fraktes fra forbruker til gjenvinningsstasjonen.



Figur 2.1: Beslutningspyramide (Wilson and Goffnett 2022; Fig. 1)

2.2 Postponement theory

(Hinkka et al. 2023; Ch. 2.2.) beskriver 'postponement theory' som et organisatorisk konsept for effektivitet i verdikjeden som baserer seg på å utsette handlinger som vil differensiere produktet fra generiske typer under verdikjedeoperasjoner – hvor i verdikjeden er det fornuftig at håndtering av produktet gjøres. I følge Pagh and Cooper (1998) er logikken bak strategien at kostnader knyttet til risiko og usikkerhet er knyttet til differensiering av produkter under produksjon og andre verdikjedeoperasjoner (Hinkka et al. 2023; Ch. 2.2.). En artikkel av Jahre (1995) fant at større andel fraksjoner skaper høyere transportkostnader, men lavere sorteringskostnader enn færre fraksjoner. Samtidig fører flere fraksjoner til mer arbeid for forbruker, som igjen fører til høyere risiko for at materialene ikke blir riktig sortert fordi forbrukere kanskje ikke separerer fraksjonene riktig, men å redusere antall fraksjoner øker risiko for kontaminering av andre materialer, som kompliserer sorteringen senere (Hinkka et al. 2023; Ch. 2.2.).

Når man vurderer 'Postponement theory' i forbindelse med returlogistikk og materialflyt mot hovedretningen må man også ta hensyn til dekoblingspunktet. Sharman (1984), definerer dekoblingspunktet som 'punktet der produktspesifikasjonene låses i de fleste tilfeller, og ... er det siste punktet med lagerbeholdning' (Mishra et al. 2017; p. 1127). I tradisjonelle verdikjeder er målet med dekoblingspunktet å få informasjon om etterspørsel så tidlig som mulig, for å bedre kunne planlegge verdikjedeoperasjoner og gjøre differensiering så sent som mulig. For returlogistikk er målet å sørge for en stødig resirkuleringsprosess når forsyningen av materialer varierer (Hinkka et al. 2023; Ch. 2.2.). 'Postponement theory' sikter også på å minimere lagerbeholdning og forbedre kundeservice, som også gjelder for returlogistikk, og spesielt EoL tekstiler som risikerer å bli ødelagt under oppbevaring (Hinkka et al. 2023; Ch. 2.2.).

På motsatt side av 'postponement' finner man 'speculation', en strategi som går ut på å differensiere produktene så tidlig som mulig i verdikjeden for å redusere kostnadene i verdikjeden (Pagh and Cooper 1998). Pagh and Cooper (1998) beskriver fire strategier

for verdikjedestyring: 'Full speculation', 'logistics postponement strategy', 'manufacturing postponement strategy', og 'full postponement strategy' illustrert i figur 2.2.

		Logistics	
		Speculation <i>Decentralized inventories</i>	Postponement <i>Centralized inventories and direct distribution</i>
Manufacturing	Speculation <i>Make to inventory</i>	The full speculation strategy	The logistics postponement strategy
	Postponement <i>Make to order</i>	The manufacturing postponement strategy	The full postponement strategy

Figur 2.2: Fire strategier for verdikjedestyring (Pagh and Cooper 1998)

Disse strategiene er utarbeidet i forbindelse med tradisjonelle, lineære verdikjeder, men kan brukes for returlogistikk også. De strategiene som er relevante for undersøkelsen er beskrevet under.

'**Full speculation strategy**' differensierer produktet helt i starten av verdikjeden, og kan beskrives som en 'make to stock' strategi. Dekoblingspunktet er plassert så langt ned i verdikjeden som mulig og lagerbeholdningen er plassert nær kunden. Fordelen med denne strategien er at det er enkelt å produsere store mengder av produktet (Pagh and Cooper 1998; p. 15-16).

'**Full postponement strategy**' er en strategi der både produksjon og distribusjon skjer basert på kundeordre, en 'make to order' strategi. Her benyttes sentralisert lager og direkte distribusjon. Fordelen med denne strategien er lave kostnader for lagerhold og lavere lagerbeholdning i distribusjonssystemet (Pagh and Cooper 1998; p. 19-20).

Disse strategiene kan vurderes for EoL tekstiler og returlogistikk. Hinkka et al. (2023) beskriver tre hovedprosesser for EoL tekstiler og returlogistikk: innsamling, sortering, og bearbeiding. Her vil innsamling skje i nærheten av forbruker, det er dermed ikke mulig med 'speculation/postponement' på dette punktet (Hinkka et al. 2023; Ch. 4.1). Derfor blir sortering den første muligheten for å vurdere 'postponement' og 'speculation'. Hinkka et al. (2023) beskriver flere alternativer for sortering av EoL tekstiler i forbindelse med 'postponement'. I studien er det vurdert en spekulativ metode for sortering – hvor sorteringen skjer tidlig i verdikjeden basert på predefinerte klassifiseringer av tekstilene, og en utsatt sentralisert sortering er vurdert – hvor sorteringen skjer nær bearbeidingen av tekstilene. Studien av Hinkka et al. (2023) brukes i denne undersøkelsen som teoretisk grunnlag når sorteringsmetode diskuteres i avsnitt 5.

2.3 First mile problem

'First mile problem' er et begrep brukt for å beskrive utfordringer knyttet til henting av brukte materialer fra forbrukere til resirkuleringssystemer (Jäämaa and Kaipia 2022; Ch. 1). Det er bestemt å beholde det opprinnelige språket for å sikre at betydningen av begrepet ikke går tapt.

'First mile problem' nevnes i avsnitt 2.1, i forbindelse med utfordringer for returflyten av – i denne undersøkelsen – EoL tekstiler. I følge Jäämaa and Kaipia (2022) er hovedproblemene knyttet til 'First mile' logistikk for returflyt kostnadseffektivitet og å tilby en attraktiv løsning til forbrukere for å levere EoL tekstiler. I følge Watson et al. (2018) er ikke forbrukere motivert eller opplært nok til å sortere og levere EoL tekstiler og andre avfallsfraksjoner til de riktige hentepunktene, som slår tilbake i form av krevende sorteringsarbeid senere i verdikjeden (Jäämaa and Kaipia 2022; Ch. 1.). Teorien fra Jäämaa and Kaipia (2022) brukes som bakgrunnsinformasjon for diskusjonen i kapittel 5. 'First mile problem' vurderes i forbindelse med innsamlingsløsning og presortering for å kunne anbefale en løsning som forbruker vil benytte seg av.

2.4 Markedsbildet

Bruktundersøkelsen 2024 Bruktundersøkelsen, 2024 viser at interessen for ombrukstekstiler øker, og at 59% av den voksne befolkningen har kjøpt brukte klær det siste året. Hovedgrunnene for økningen i andel solgte ombrukstekstiler er prisen og miljøbetragtningen.

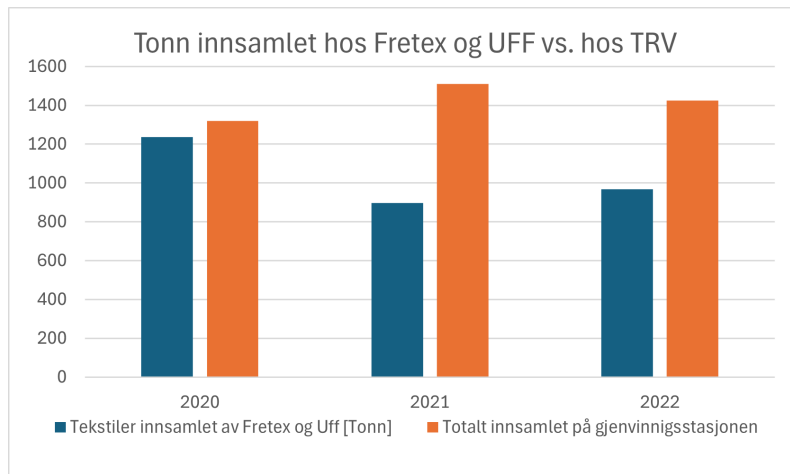
Informasjonen om ombruksmarkedet er i denne undersøkelsen basert på et intervju med Stenseth (22.03.2024), og kvalitetssjekket med tilgjengelig offentlig informasjon. Dette avsnittet beskriver noen hovedpunkter fra intervjuet.

Det finnes flere aktører for ombrukstekstiler på markedet i dag. I Trondheim har man blant annet aktører som Fretex, UFF, Gjenbruken og Kirkens Bymisjon. Disse er i all hovedsak ideelle aktører. Kravene for innlevering av tekstiler til disse aktørene er stort sett de samme, med utgangspunkt i at de ikke ønsker tekstilavfall, men i dag tar alt som kommer inn og gjør grovsorteringen selv. Mangelen på produsentansvar er beskrevet som en utfordring for markedet, fordi det er usikkert hvordan denne ordningen blir iverksatt; en utbetalt sum til aktørene som håndterer tekstilene, eller tar de hele regningen, som igjen fører til spørsmål knyttet til eierskap for disse tekstilene.

Stenseth understreker også at det finnes flere misforståelser i forbindelse med innsamling, og at nye aktører ofte undervurderer hvor store volum det gjelder, og påfølgende hvor mye arbeid og kostnader som er knyttet til dette. Det er også beskrevet villedende informasjon til forbruker om tekstiler som sendes ut av landet, som gir forbruker inntrykk av at det ikke er nødvendig å levere til gjenbruk fordi det ikke spiller noen rolle. Slike utfordringer understreker viktigheten av tillit til innsamlerne.

I forbindelse med sortering anbefaler Stenseth sortering i minst tre fraksjoner; ombrukbart, gjenvinning, og tekstilavfall.

Figur 2.3 Illustrerer mengden tekstiler innsamlet hos Fretex og UFF i Trondheim sammenlignet med total mengde innsamlet hos TRV. Figuren viser at når innsamling hos NGO avtar, øker mengden for TRV. Dette må også sees i sammenheng med figur 3.4, som illustrerer at mengden innsamlet i restavfallet øker.



Figur 2.3: Tonn innsamlet hos Fretex og UFF Trondheim vs. hos TRV

I tillegg til ombruksmarkedet utvikles det også nye sorteringsanlegg for tekstiler til gjenvinning. Norwegian Re:Textiles skal i 2024 etablere de tre første sorteringsanleggene for tekstiler. (Tomra) har utviklet en sorteringsmaskin som skal kunne sortere hele tekstiler i farge og stoff, i tillegg til å kunne fjerne uønskede fraksjoner fra ødelagte tekstiler.

2.5 Optimeringsmodellering

Optimeringsmodellering er en type excelmodellering som ofte brukes av bedrifter for arbeidsplanlegging, inventarstyring, økonomistyring etc. I følge Winston and Albright (2021; p. 73) er de generelle elementene for optimeringsmodeller: *beslutningsvariabler* – variablene som bestemmer output som totale kostnader, inntekt og profitt – *objektiv* – optimeringsmodeller skal ofte minimere eller maksimere resultatet – og *begrensninger* – de fleste optimeringsmodeller har begrensninger de må forholde seg til, enten fysiske, logiske eller økonomiske.

Denne undersøkelsen benytter seg av optimeringsmodellering for å bestemme antall sorteringsfraksjoner, beskrevet i kapittel 4.

Optimeringsmodellering brukes også som grunnlag for utvikling av innsamlingsmodellen og scenariene utarbeidet fra hovedmodellen. Disse er videre beskrevet i kapittel 4, og bruker teori fra Winston and Albright (2021).

Kapittel 3

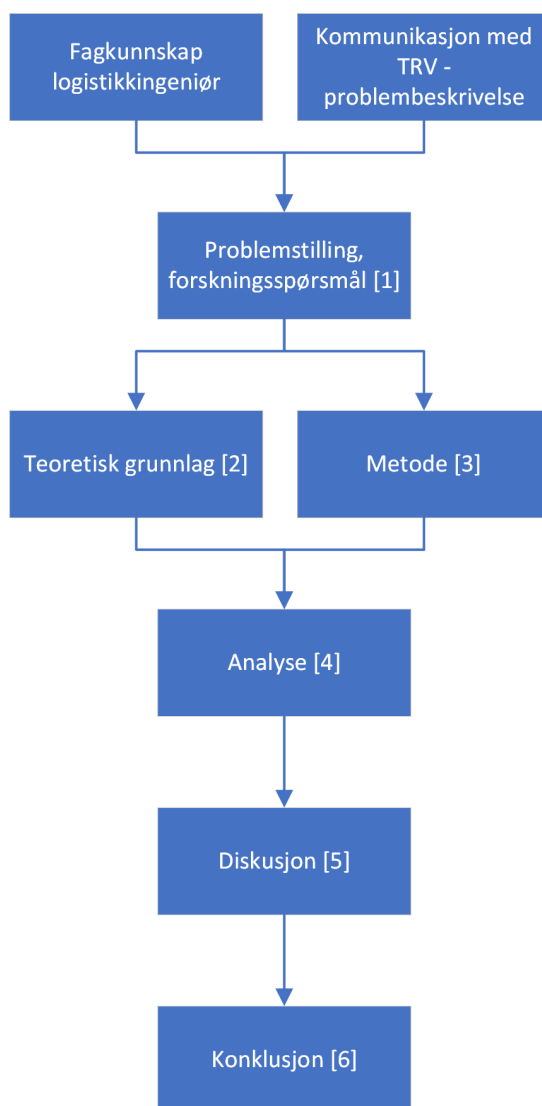
Metode

3.1 Valg av metode

Den overordnede metoden for undersøkelsen er et case studie (avsnitt 3.5) av innsamlings- og sorteringsløsninger for TRV med fokus på kostnader. Denne metoden er godt egnet fordi problemstillingen omhandler utredning av logistiske utfordringer i forbindelse med omstrukturering av tekstilhåndteringen på gjenvinningsstasjonen – inkludert innsamling og sortering, som vurderes i sammenheng med et anbud. Undersøkelsen tar for seg et komplekst problem hvor det ikke foreligger tidligere informasjon, og benytter seg av både kvantitativ og kvalitativ datainnsamling og analyse, som er nødvendig for å kvalitetssikre funnene. Figur 4.1 illustrerer hovedmodellen for analysen og inkluderer beregninger på sortering og innsamling, i tillegg til kostnader og inntekter. Modellen er forklart i detalj i kapittel 4.

3.2 Struktur

Undersøkelsen er inndelt i seks kapitler og tilhørende underkapitler. Figur 3.1 illustrerer strukturen for undersøkelsen. Tallene beskriver kapittelnummer.



Figur 3.1: Undersøkelsens Struktur

Undersøkelsen er delt inn i seks kapitler med tilhørende underkapitler, og beskriver innledningsvis bakgrunn for oppgaven, problemstilling og forskningsspørsmål. Teorigrunnlaget gir oversikt over returlogistikk, 'postponement theory', 'first mile problem', markedsbildet for EoL tekstiler, og en beskrivelse av caset. Metodekapittelet beskriver hvilke verktøy som er brukt og hvordan de er anvendt for å besvare problemstillingen. Analysekapittelet består av beskrivelse av variabler og datamodeller, og forklarer fremgangsmåten og resultatene fra analysen. Diskusjonskapittelet drøfter resultatene fra analysen knyttet opp mot teorien for å besvare forskningsspørsmålene.

Funnene legger grunnlag for konklusjonskapittelet som gir et konkret svar på problemstillingen og forslag til videre arbeid.

3.3 Innhenting av data

Undersøkelsen benytter seg av både kvantitativ data – inkludert tallgrunnlag fra TRV og Skinnes (2023) som er beskrevet i avsnitt 3.3 – og kvalitativ data, som inkluderer resultater fra pilotprosjektet til NF&TA (2024) og ett dybdeintervju med (Stenseth 22.03.2024).

Kvantitativ data

Undersøkelsen benytter seg av datasett fra TRV, inkludert mengder tekstiler i fraksjonene kildesortert, restavfall på bringeordning, restavfall på henteordning. Disse dataene brukes som grunnlag for å beregne utviklingen av mengde tekstiler innsamlet og er egnet for dette fordi de er samlet opp i løpet av tre år, og gir et helhetlig bilde av mengden tekstiler som totalt samles inn på gjenvinningsstasjonen basert på historiske tall. I tillegg brukes tall fra Skinnes Modellen Skinnes (2023) som grunnlag for beregning av kostnader knyttet til sortering og potensielle inntekter fra fibergjenvinning og salg av ombrukstekstiler. For å bestemme innsamlingsfrekvens er det brukt data fra innsamlingen til TRV i forbindelse med pilotprosjektet (NF&TA 2024). Dataene er egnet for dette fordi de beskriver hente- frekvens og mengder tekstiler hentet inn per dag. Her er det også hentet statistikk fra Trøndelag i Tall, 2023 på sesongvariasjoner for detaljhandel inkludert tekstiler. Disse dataene benyttes sammen for å foreslå hentefrekvens ved en henteordning. Undersøkelsen benytter seg utelukkende av sekundærdata fordi målet er kunne foreslå en hente- og sorteringsordning på gjenvinningsstasjonen til TRV som ikke enda er iverksatt, og dermed finnes det ikke primærdata.

3.3.1 Kvalitativ data

Undersøkelsen benytter resultatene fra pilotprosjektet NF&TA (2024) som bakgrunn for valg av innsamlingsmetode, inkludert hente- vs. bringeordning eller en kombinasjon av disse, og hvor sorteringen skal foregå. Det er også brukt data fra Rubach et al. (2023) og Sunde et al. (2023) som grunnlag for mengder tekstiler på nasjonalt nivå, for å kvalitetssjekke at antatt mengde tekstiler som kommer inn per år stemmer med nasjonale tall. Det er også gjennomført et dybdeintervju med Stenseth (22.03.2024), i tillegg til samtaler på mail med andre NGOer, for å kartlegge markedsbildet og posisjonen til NGO på gjenbruksmarkedet.

3.4 Analyse av tekstilstrømmer

For å besvare forskningsspørsmål 1 benytter undersøkelsen seg av en analyse av tekstilstrømmer i scenarier, beskrevet i kapittel 4. Prosessene er satt opp som modeller som beregner kostnader knyttet til innsamling og sortering av EoL tekstiler i forskjellige scenarier. Datagrunnlaget for dette er beskrevet i tabell 3.1. Forskningsspørsmål 2 besvares ved vurdering av resultatene fra prosessanalysen i kombinasjon med litteratur beskrevet i kapittel ??.

Videre er resultatene av disse vurdert i sammenheng med informasjon om forbrukeradferd, krav fra regjeringen, retningslinjer og ønsker fra NGO, utvikling i teknologi for sorteringsanlegg, og litteratur, som beskrevet i tabell 3.2.

Data	Innhold
Tallgrunnlag fra TRV	Mengdetall på tekstilavfall i fraksjoner fra 2020-2023, innsamlingskostnader
Innsamlingsdata fra pilotprosjektet	innsamlingsmengde tekstiler, deltakelsesgrad, tidsbehov
Tall fra Skinnes	Inntektsgrunnlag for ombrukstekstiler, operatørkapasitet for sortering

Tabell 3.1: Datagrunnlag analyse

Data	Innhold
Intervju med UFF	Markedsinformasjon og forutsetninger for NGO
Rapporter NORSUS og Avfall Norge	Nasjonale mengdetall
Litteratur	Informasjonsgrunnlag
Forskrifter og EU Direktiv, pilotprosjekt	Bakgrunnsinformasjon

Tabell 3.2: Kvalitativt datagrunnlag

Scenariene består av en beskrivelse av dagens løsning, henteordning med og uten presortering, og en returpunkt-løsning. Dette gjøres for å sammenligne kostnader, fordeler og ulemper med de forskjellige løsningene. Scenariene er beskrevet i kapittel 4 og diskutert i kapittel 5.

Målet med analysen er å kartlegge kostnadsbildet til de forskjellige scenariene beskrevet i avsnitt 4.2.2, 4.2.3 og 4.2.4. Dette gjøres ved å beregne kostnader for innsamling basert på antall innsamlingsuker, og ved å beregne kostnader for sortering basert på estimert tekstilmengde vurdert i forhold til operatørkapasitet.

Tidsrommet for scenariene er 1 arbeidsår, fordi innsamlingsdatene fra plukkanalysene er på årlige mengder. I tillegg gjøres kostnadsberegninger i årsverk og andre årlige kostnader.

Analysen er avgrenset til de kostnadsmessige elementene knyttet til innsamling og sortering, og tar ikke for seg fysiske avgrensninger som plassmangel og tilgjengelige fysiske ressurser.

3.5 Case beskrivelse

Problemstillingen til TRV er knyttet til den oppdaterte avfallsforskriften, som følge av det nye EU direktivet, som trer i kraft 1. januar 2025, og pålegger kommuner å sørge for separat innsamling av tekstiler (Forskrift 10a). De nye kravene er beskrevet i avsnittet under.

Fra 1. januar 2025 trer den nye avfallsforskriften i kraft, som stiller flere krav til håndtering av EoL tekstiler. Endringene gjelder ”§10a. Utsortering, innsamling, forberedelse til ombruk og materialgjenvinning av enkelte avfallstyper” (Forskrift 10a). §10a-3 definerer separat innsamling; innsamling der en avfallsstrøm holdes atskilt etter type og art for å legge forholdene til rette for en særskilt behandling. Separat innsamling kan skje ved en henteordning eller bringeordning.” Forskrift 10a; §10a-3, k., og forberedelse til ombruk; gjenvinning i form av kontroll, rengjøring eller reparasjon, der produkter eller komponenter som er blitt til avfall forberedes slik at de kan ombrukes uten annen forbehandling” (Forskrift 10a; §10a-3, l.). §10a-4 stiller krav til at kommuner skal sørge for ”at tekstilavfall fra husholdninger, som kan forberedes til ombruk eller materialgjenvinnes, utsorteres ved kildesortering.” (Forskrift 10a; §10a-4, f.). Videre er det definert plikter til virksomheter i §10a-8, blant annet ”Virksomheter som genererer husholdningslignende avfall skal sørge for at husholdningslignende ..., og tekstilavfall utsorteres ved kildesortering. Plikten til kildesortering av plastavfall og tekstilavfall jf. første ledd gjender kun plastavfall og tekstilavfall som kan forberedes til ombruk eller materialgjenvinnes.” (Forskrift 10a; §10a-8).

Dagens løsning dekker dette kravet, men er lite effektiv med hensyn på innsamling. Figur 4.2.1 illustrerer hvordan innsamling av tekstiler skal foregå med dagens løsning.

Beregninger på innsamlede tekstiler viste at omlag 15% av alt tekstilavfall som samles inn på gjenvinningsstasjonen er kildesortert, mens resten havner i restavfall og går direkte til forbrenning, illustrert i figur 3.4a. Figur 3.3 illustrerer derfor dagens faktiske situasjon, mens figur 3.2 viser bilder av dagens situasjon fra TRV – inkludert innsamling via tekstilburene og tekstiler i restavfall.



(a) Tekstilbur

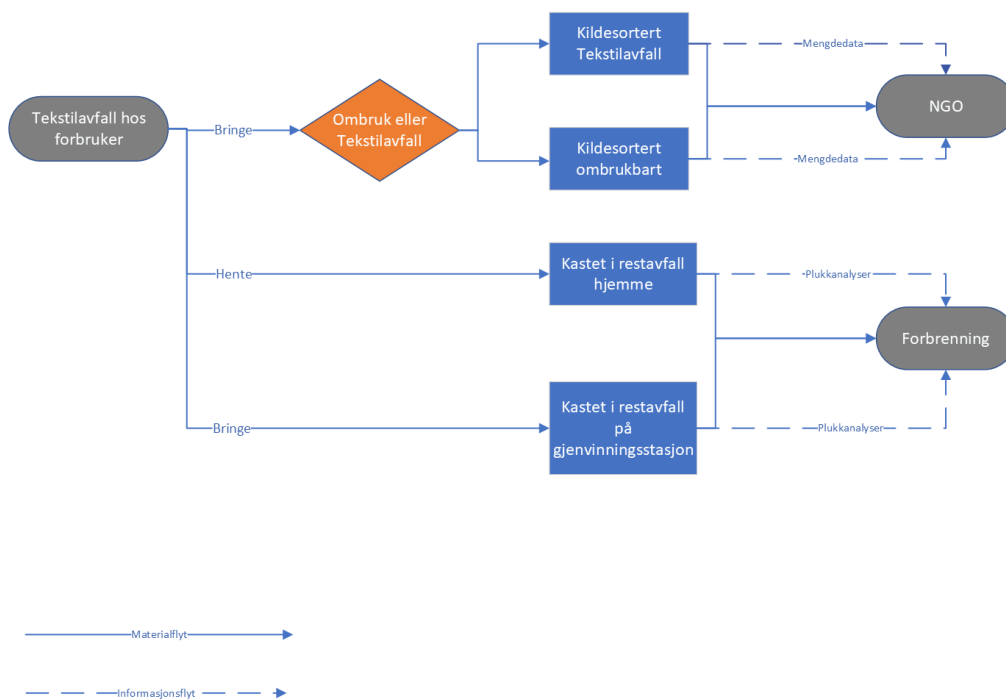


(b) Tekstilbur mengder



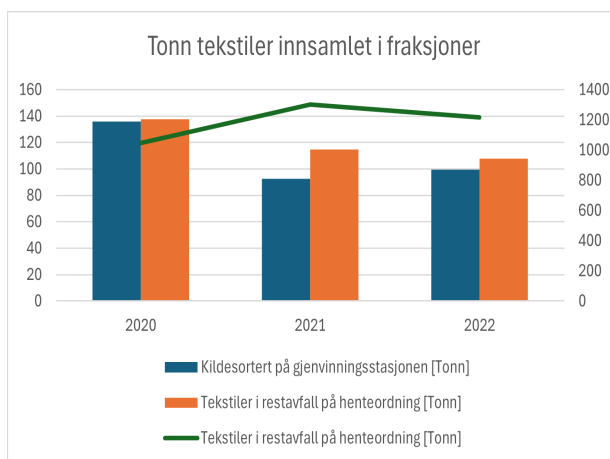
(c) Tekstiler i restavfall

Figur 3.2: Bilder av dagens situasjon

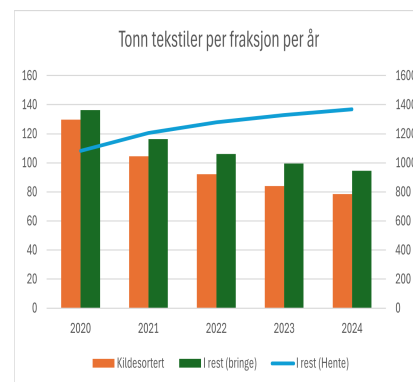


Figur 3.3: Dagens situasjon

Det er også laget prognoser for utviklingen av innsamling på gjenvinningsstasjonen basert på mengdedata i de forskjellige fraksjonene, illustrert i figur 3.4b. Her fremkommer det økende grad av innsamling via restavfall i henteordning fra 2020 til 2022. I samme figur ser man at når mengde tekstiler i restavfall hjemme øker, avtar mengden tekstiler i de andre fraksjonene. Dette antyder at forbruker i mindre grad bringer tekstiler for kildesortering, og heller benytter seg av enkleste løsning; å kaste det i søpla. Disse funnene illustrerer relevansen til undersøkelsen.



(a) Tonn tekstiler per fraksjon

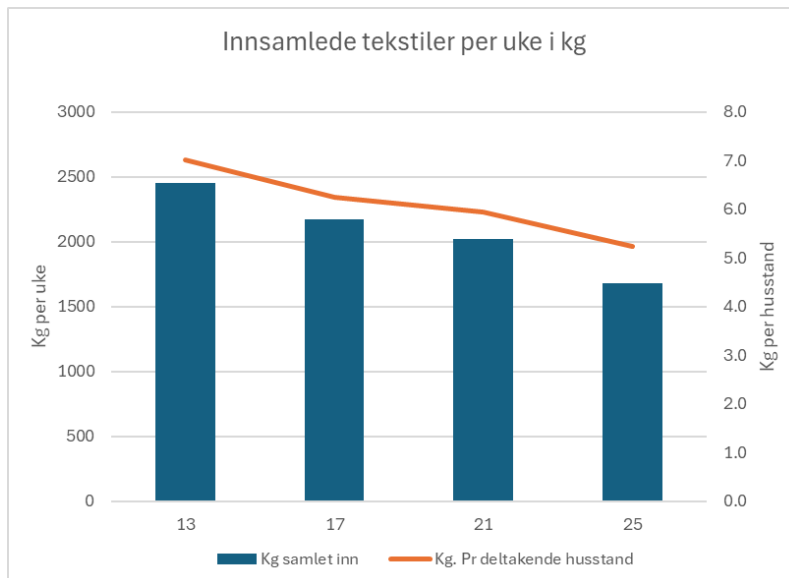


(b) prognose tonn tekstiler i fraksjoner

Figur 3.4: Tonn per fraksjon

3.5.1 Pilotprosjektet

Under pilotprosjektet NF&TA (2024) utprøvde TRV henteordning for EoL tekstiler for et avgrenset område. Innsamlingen foregikk over 16 uker, og gikk ut på henting av ødelagte tekstiler i tildelte sekker, med fire ukers mellomrom. Dette resulterte i avtagende trend for antall kg innsamlet, som vist i figur 3.5.



Figur 3.5: Innsamlingspilot TRV

Løsningen viste gode resultater med 92% fornøyde brukere og høy innsamlingsgrad. Det ble også gjennomført plukkanalyser av de innsamlede tekstilene, som viste at 58% av tekstilene hadde ombrukskvalitet, selv om innsamlingen var for ødelagte tekstiler. Det er antatt i pilotprosjektet at del av grunnen til den høye andelen ombrukbart i tekstilavfallet var fordi dette ble den enkleste løsningen for forbruker. Dette prosjektet er del av beslutningsgrunnlaget for valg av innsamlingsløsninger i undersøkelsen.

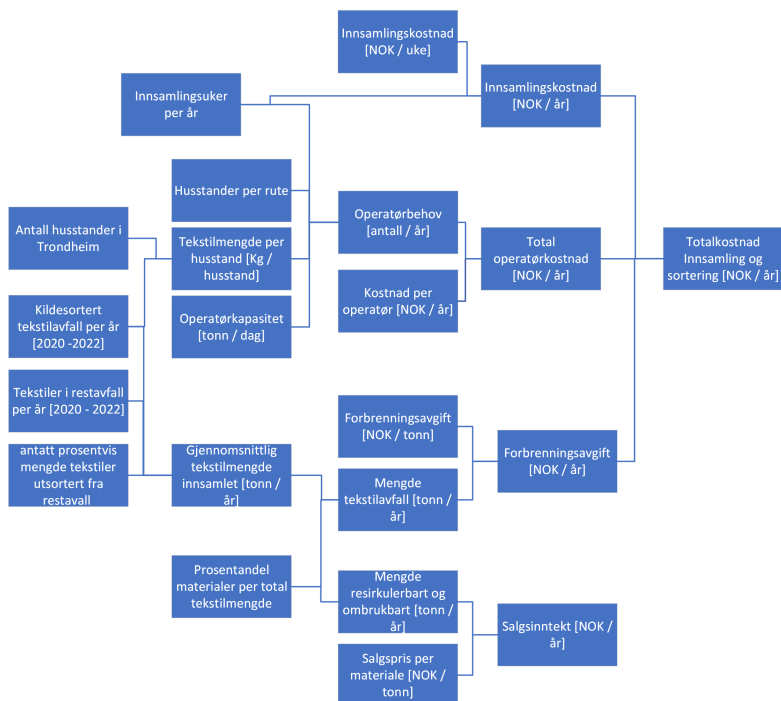
Kapittel 4

Analyse

Dette kapitlet presenterer analysen som brukes for å besvare forskningsspørsmålene. Analysen benytter seg av en matematisk modell for innsamling og sortering, som beregner kostnadene knyttet til disse aktivitetene, illustrert i figur 4.1. Den overordnede modellen er delt opp i flere små beregningsmodeller i avsnitt 4.1.2 for å illustrere beregningene på en oversiktlig måte. Variablene er beskrevet i avsnitt 4.1.1. Beregningsmodellene brukes som grunnlag for å vurdere kostnadene til de ulike scenariene som undersøkes som alternativer til dagens innsamlings- og sorteringsmetode i avsnitt 4.2. Resultatene er beskrevet under hvert scenario.

4.1 Modeller

Den overordnede modellen er laget med tallgrunnlag fra TRV og Skinnes (2023), og er kort beskrevet i kapittel 3. Modellen viser beregningsgrunnlaget for analysen på overordnet nivå for både sortering og innsamling og resulterer i en oversikt over inntekter og kostnader for innsamling og sortering. Modellen illustrert i figur 4.1 er en forenklet illustrasjon av hovedmodellen, og er delt opp og beskrevet i avsnitt 4.1.2. Modellen er grunnlaget for å besvare *F1*.



Figur 4.1: Overordnet modell

4.1.1 Variabler

Modellen tar for seg både innsamling og sortering, og bruker flere variabler. Variablene er beskrevet i samme rekkefølge som beregningsmodellene i avsnitt 4.1.2. Dette avsnittet beskriver de generelle variablene brukt i beregningene. De forskjellige scenariene undersøker kostnader ved variasjoner i innsamlingsvariablene, beskrevet i tilhørende avsnitt.

Valg av variabler

Variablene for analysen er valgt basert på logistikkfaglig kunnskap som Lean produksjon (Stoesser 2019). Dette er gjort med fokus på teori om effektivisering av prosesser, minst mulig sløsing, og ryddig oppsett av innsamling og sortering.

Det er tatt utgangspunkt i at variablene skal kunne måle kostnader ved ulike innsamlingsløsninger og være representative for virkeligheten.

Årlig tekstmengde er brukt for å kunne undersøke årlige kostnader, prosentvis innsamling er valgt på bakgrunn av plukkundersøkelser gjort av TRV per år for å anslå en realistisk mengde tekstiler i restavfallet. Operatørkapasitet og operatørkostnad er valgt for å kunne

estimere antall operatører nødvendig for å gjennomføre sorteringen, og kostnaden knyttet til dette. Inntektsgrunnlaget for salgbare tekstiler er brukt for å estimere inntekter knyttet til sorteringen, for å få et realistisk bilde på inntekter vs. utgifter for innsamling og sortering.

Beskrivelse av variabler

Tekstilmengde per år beregnes ved bruk av mengdedata fra TRV på innsamlet tekstilmengde i fraksjonene: kildesortert, restavfall henteordning, og restavfall bringeordning per år. På oppfordring av TRV er det lagt til grunn prosentvis innsamling av tekstilene som i dag havner i restavfallet (Bunkholt og Nguyen, personlig kontakt; 26.april). Dette er gjort basert på bakgrunnskunnskap hos TRV som estimerer at 100% innsamlingsgrad av det som havner i restavfall i dag er urealistisk, da det tar tid for forbruker å venne seg til nye ordninger. Innsamlingsgraden er bestemt til 50% og 70%, og er vurdert hver for seg. Ved å vurdere innsamlingsgrad på denne måten vil det være mulig å se kostnadsutviklingen til slike løsninger dersom forbruker blir flinkere til å sortere tekstilene i riktig fraksjon.

Tekstilmengde per uke beregnes ved bruk av variablene antall husstander i Trondheim og tekstilmengde per år. Denne beregningen inneholder også antall husstander per rute, hvor en rute samles inn i løpet av en uke.

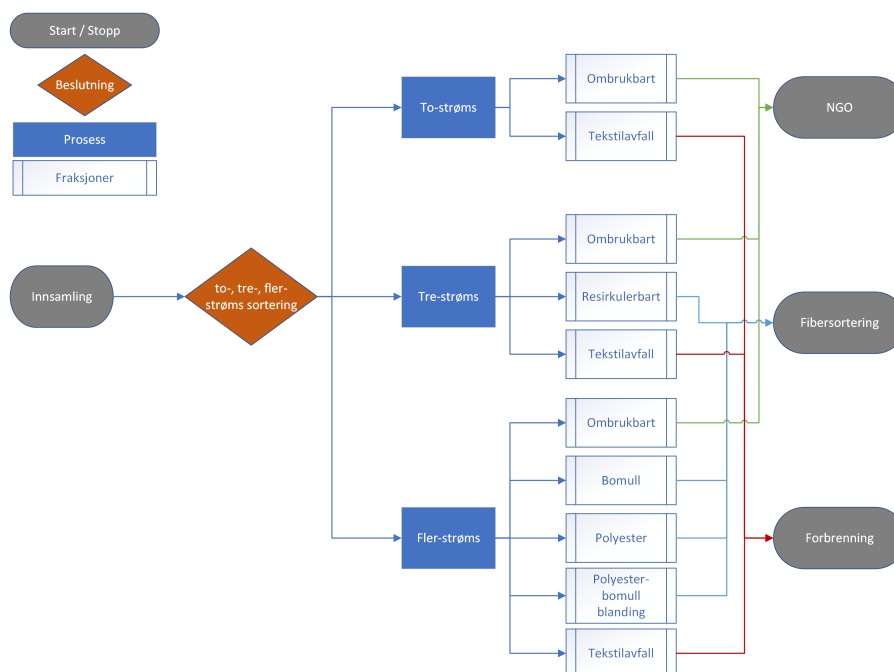
Antall operatører beregnes ved bruk av tekstilmengde per uke og operatørkapasitet oppgitt i tonn per dag. Operatørkapasiteten er hentet fra (Skinnes 2023). Her brukes også antall innsamlingsuker per år, som er bestemt av TRV for å beregne antall sorteringsdager per år. Denne verdien er sammenlignet med antall arbeidsdager per år for å bestemme antall operatører det er behov for.

Forbrenningsavgiften bruker variabler som tekstilmengde per år ganget med prosentandelen tekstilavfall som gjennomsnittlig samles inn. Denne verdien multipliseres med forbrenningsavgiften, som er hentet fra (Norsk Gjenvinning, 2023). Prosentandelen tekstilavfall er hentet fra Skinnes (2023), og inneholder andeler for flere materialer: ombrukbart, resirkulerbart, bomull, polyester, polyester/bomull blanding, og tekstilavfall. Disse prosentandelene brukes også for å beregne salgsinntekten fra tekstilene, og bruker salgspris for hvert material. Denne verdien er også hentet fra (Skinnes 2023).

Innsamlingskostnadene er beregnet ved bruk av innsamlingsuker per år og en innsamlingskostnad per uke som er hentet fra TRV. Innsamlingskostnaden inneholder også en internkostnad beregnet på bakgrunn av timebruk – en verdi gitt av TRV, og operatørkostnadene hentet fra (Skinnes 2023).

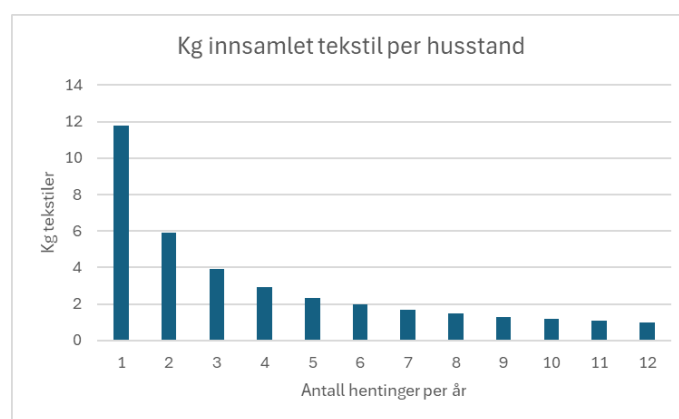
Operatørkostnaden beregnes ved en årlig operatørkostnad hentet fra Skinnes (2023) og antall operatører det er behov for per år.

I analysen er det bestemt at sorteringen skal gjennomføres i tre fraksjoner: Ombrukbart, resirkulerbart og tekstilavfall. Dette er bestemt ved hjelp av en optimeringsmodell som bruker inputvariabler fra Skinnes (2023) inkludert andel materialer i innsamlet tekstilmengde (ombrukbart, resirkulerbart, bomull, polyester, bomull/polyester blanding, og tekstilavfall), operatørkostnad og forbrenningsavgift. Materialflyten til modellen er illustrert figur 4.2. Beslutningsgrunnlaget for valg av sorteringsfraksjoner er beskrevet i avsnitt 4.3.



Figur 4.2: Sorteringsmetode

For å vurdere innsamlingsfrekvens er det undersøkt mengden innsamlet i forhold til antall hentinger, i tillegg til antakelser om forbrukers adferdsmønster – som hvor lenge forbruker vil oppbevare tekstilene før de hentes. Figur 4.3 illustrerer en forenklet modell av hvordan mengden tekstiler samlet inn per husstand påvirkes av antall hentinger per år, basert på total mengde delt på antall hentinger. Figuren viser negativ korrelasjon mellom antall hentinger per år og mengden tekstiler ved hver henting – Jo flere hentinger per år jo mindre kg tekstiler samlet inn per henting. Dette er relevant i forbindelse med kapasiteten for sortering hver operatør har per dag.



Figur 4.3: Kg innsamlet per husstand

4.1.2 Beregningsmodeller

Den overordnede modellen illustrert i figur 4.1 er delt opp i fem mindre beregningsmodeller for å illustrere hvordan beregningene er gjennomført på et mer detaljert nivå. Det er laget tabeller for å beskrive beregningene på antall sorteringsfraksjoner, som brukes i

hovedmodellen. Figurene illustrerer beregninger for tekstilmengde per år, tekstilmengde per uke, operatørbehov, forbrenningsavgift og salgsinntekt, og sorterings- innsamlings- og total kostnad.

Figurene illustrerer hovedgrunnlaget for scenariene beskrevet i avsnitt 4.2.2 til 4.2.4 og er beskrevet i tabell .

Beregningsmodeller

Modell	Output
Sorteringsfraksjoner	Optimalt antall sorteringsfraksjoner
Tekstilmengde per år	Gjennomsnittlig tekstilmengde innsamlet hos TRV per år
Tekstilmengde per uke	Gjennomsnittlig tekstilmengde innsamlet hos TRV per uke
Operatørbehov per år	Antall operatører nødvendig for sortering per år
Forbrenningsavgift	Årlig kostnad for forbrenning av tekstilavfall innsamlet hos TRV per år
Inntekt ombrukbare tekstiler	Salgsinntekt fra andel ombrukbare tekstiler innsamlet hos TRV per år
Inntekt resirkulerbare tekstiler	Salgsinntekt fra andel resirkulerbare tekstiler innsamlet hos TRV per år
Totale kostnader	sum av innsamlingskostnad, operatørkostnad, og forbrenningskostnad per år

Tabell 4.1: Beregningsmodeller

Sorteringsfraksjoner

Antall fraksjoner er bestemt ved bruk av en optimeringsmodell som bruker variablene beskrevet i avsnitt AVSNITT og beregner hvilken sorteringsmetode som har lavest total kostnad for TRV. Modellen bruker total innsamlet tekstilmengde multiplisert med andel material av hver fraksjon. Dette er gjort for to-strøms, tre-strøms og fler-strøms sortering, beskrevet i tabell 4.2, 4.3 og 4.4.

To-strøms sortering er beregnet for inntekter fra ombrukbare tekstiler og kostnader for tekstilavfall. Det er tatt utgangspunkt i tall fra Skinnes (2023) på andel ombrukbare tekstiler i tekstilstrømmen, mens tekstilavfallet er beregnet som den andelen tekstiler som ikke er ombrukbare. Beregningene er beskrevet i tabell 4.2.

To-Strøms Sortering

Beregning	Resultat
Årlig innsamlet tekstiler * 50% ombrukbart	Mengde ombrukbart
Årlig innsamlet tekstiler * 50% tekstilavfall	Mengde tekstilavfall
Mengde ombrukbart * salgspris ombrukbart	Inntekt ombrukbare tekstiler
Mengde tekstilavfall * forbrenningsavgift	Kostnad tekstilavfall
Inntekt ombrukbare tekstiler - kostnad tekstilavfall	Profitt

Tabell 4.2: Beregninger to-strøms sortering

Tre-strøms sortering er litt mer omfattende enn to-strøms. Beregningene er beskrevet i

tabell 4.3, og tar i bruk tall fra Skinnnes (2023) på andel materialer for både ombrukbart, resirkulerbart og tekstilavfall for å beregne inntekter og kostnader i disse fraksjonene.

Tre-Strøms Sortering

Beregning	Resultat
Årlig innsamlet tekstiler * 50% ombrukbart	Mengde ombrukbart
Årlig innsamlet tekstiler * 20% resirkulerbart	Mengde resirkulertbare tekstiler
Årlig innsamlet tekstiler * 30% tekstilavfall	Mengde tekstilavfall
Mengde ombrukbart * salgspris ombrukbart	Inntekt ombrukbare tekstiler
Mengde resirkulerbart * salgspris resirkulerbare tekstiler	Inntekt resirkulerbart
Mengde tekstilavfall * forbrenningsavgift	Kostnad tekstilavfall
Inntekt ombrukbare tekstiler + inntekt resirkulerbare tekstiler - kostnad tekstilavfall	Profitt

Tabell 4.3: Beregninger tre-strøms sortering

Fler-strøms sortering benytter tall fra Skinnnes (2023) på både ombrukbart, bomull, polyester, bomull/polyester blanding, og tekstilavfall. Beregningene er beskrevet i tabell 4.4. Her er andelen resirkulerbart delt opp i materialene bomull, polyester, og bomull/polyester blanding.

Fler-Strøms Sortering

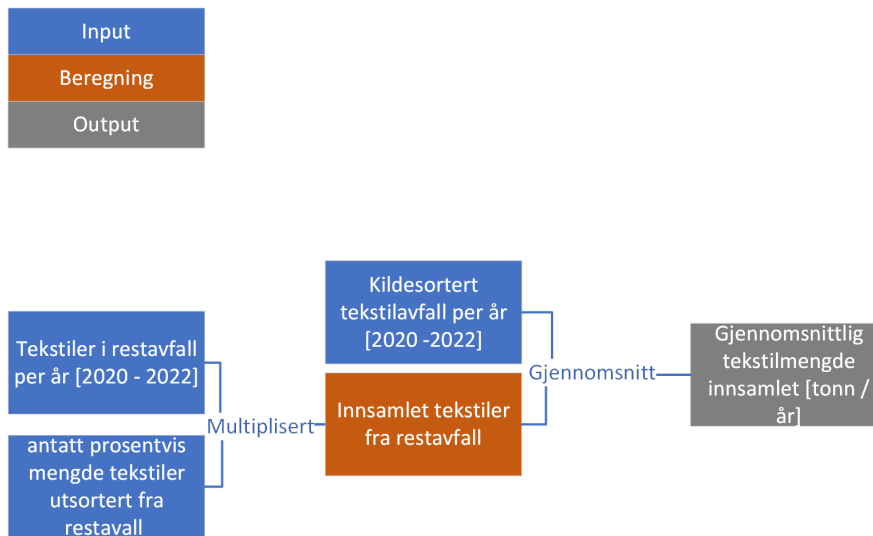
Beregning	Resultat
Årlig innsamlet tekstiler * 50% ombrukbart	Mengde ombrukbart
Årlig innsamlet tekstiler * 11% bomull	Mengde bomull
Årlig innsamlet tekstiler * 7% polyester	Mengde polyester
Årlig innsamlet mengde * 2% bomull/polyester blanding	Mengde bomull/polyester blanding
Årlig innsamlet tekstiler * 50% tekstilavfall	Mengde tekstilavfall
Mengde ombrukbart * salgspris ombrukbart	Inntekt ombrukbare tekstiler
Mengde bomull * salgspris bomull	Inntekt bomull
Mengde polyester * salgspris polyester	Inntekt polyester
Mengde bomull/polyester blanding * salgspris bomull/polyester blanding	Inntekt bomull/polyester blanding
Mengde tekstilavfall * forbrenningsavgift	Kostnad tekstilavfall
Inntekt ombrukbart + inntekt bomull + inntekt polyester + inntekt bomull/polyester blanding	total inntekt salgbare tekstiler
total inntekt salgbare tekstiler - kostnad tekstilavfall	Profitt

Tabell 4.4: Beregninger fler-strøms sortering

Tekstilmengde per år

Figur 4.4 illustrer beregningene. Tekstilmengde i restavfall multipliseres med prosentvis andel tekstiler utsortert fra restavfall, som resulterer i innsamlet tekstilmengde fra restavfall. For å komme frem til gjennomsnittlig mengde innsamlet tekstiler per år tas det gjennomsnitt av årlig mengde tekstiler innsamlet fra restavfall og årlig mengde

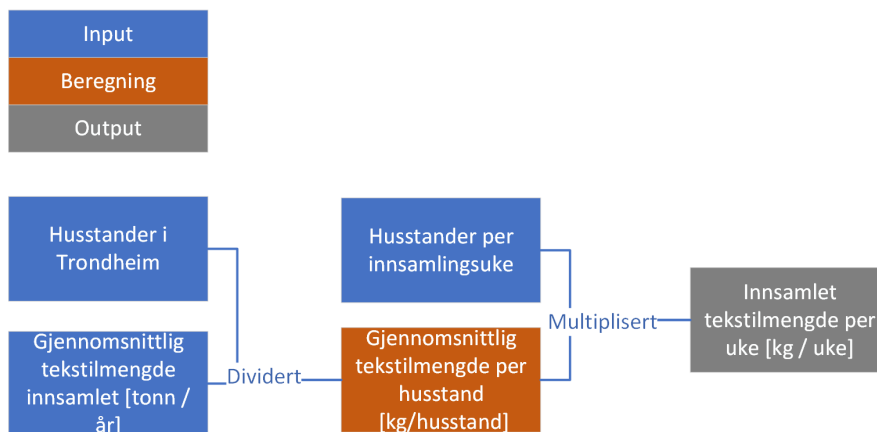
tekstiler innsamlet fra kildesortering.



Figur 4.4: Beregningsmodell tekstilmengde per år

Tekstilmengde per uke

Tekstilmengde per uke er beregnet ved å dividere tekstilmengde per år med antall husstander i Trondheim. Som illustrert i figur 4.5 resulterer divideringen i tekstilmengde per husstand. Denne mengden er multiplisert med husstander per rute, der en rute samles inn i løpet av en uke. Tekstilmengde per år er resultatet fra beregningene illustrert i figur 4.4.

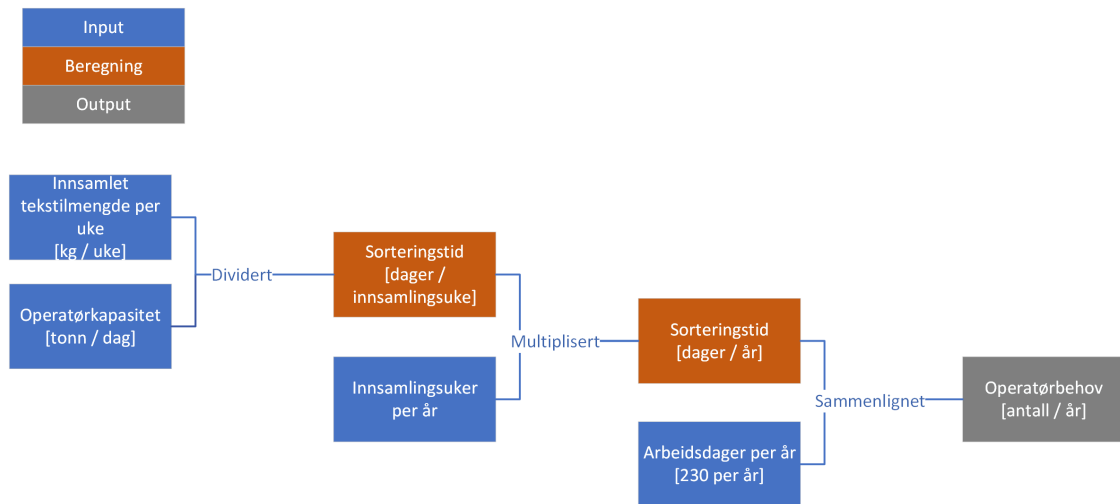


Figur 4.5: Beregningsmodell tekstilmengde per uke

Operatørbehov per år

Operatørbehov per år er illustrert i figur 4.6, og er beregnet ved bruk av tekstilmengde per uke, illustrert i figur 4.5. Tekstilmengde per uke divideres på operatørkapasitet oppgitt i tonn per dag, og ganges med 1000 for å få antall dager sortering per rute. Videre multipliseres sorteringsdager per rute med antall innsamlingsruter per år for å få totalt antall

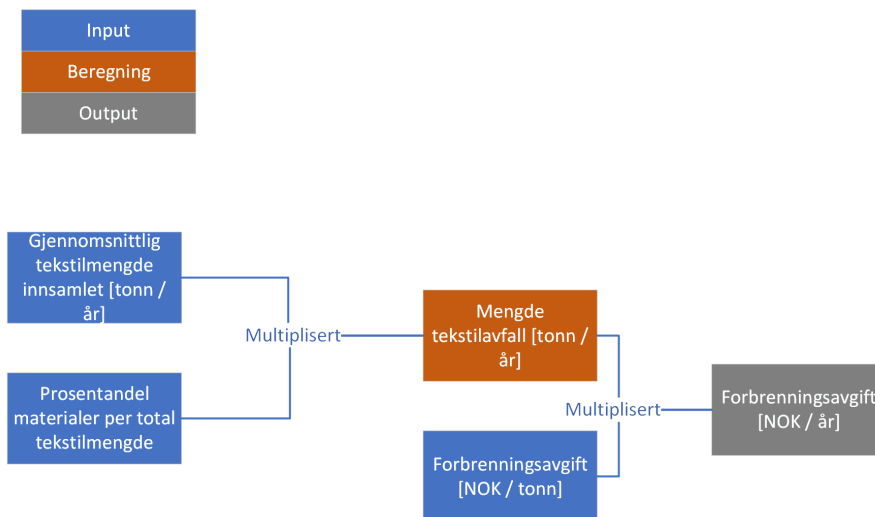
sorteringsdager per år. Sorteringsdager per år sammenlignes med antall arbeidsdager per år – satt til 230 arbeidsdager per år, for å bestemme behovet for antall operatører.



Figur 4.6: Beregningsmodell operatørbehov per år

Forbrenningskostnad

Forbrenningskostnaden er beregnet ved bruk av innsamlet tekstilmengde per år ganget med gjennomsnittlig andel tekstilavfall. Beregningene er illustrert i figur 4.7. Forbrenningsavgiften beregnes ved å multiplisere årlig tekstilmengde med prosentvis andel tekstilavfall. Denne mengden multipliseres med forbrenningsavgiften i NOK per tonn, som resulterer i total forbrenningskostnad per år.

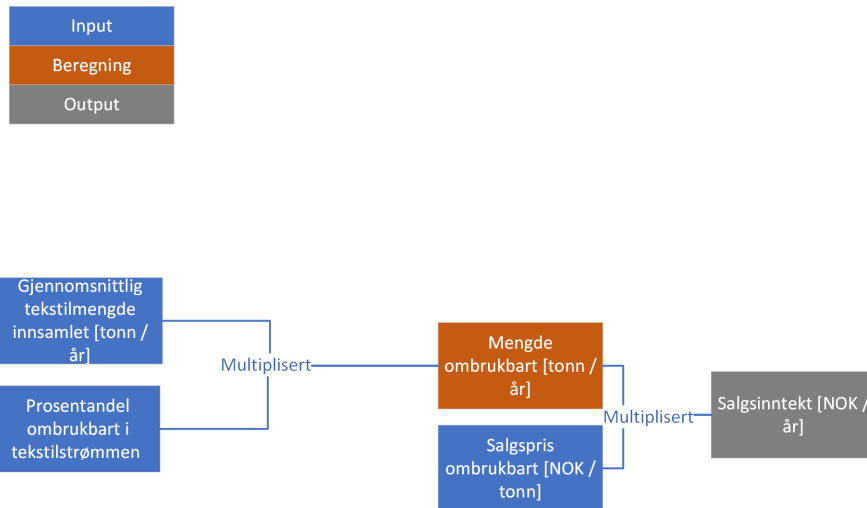


Figur 4.7: Årlig forbrenningskostnad

Inntekt salgbare tekstiler

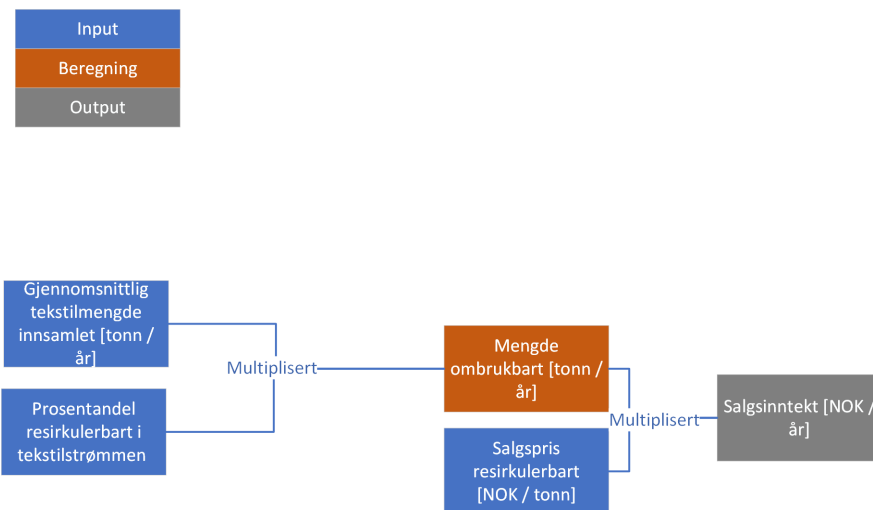
Inntekten for ombrukbare tekstiler er illustrert i figur 4.8, og beregnes ved bruk av mengden innsamlede tekstiler, som multipliseres med gjennomsnittlig andel ombrukbare tekstiler i

tekstilstrømmen. Denne mengden multipliseres med salgsprisen for ombrukbare tekstiler.



Figur 4.8: Årlig inntekt ombrukbare tekstiler

Inntekten for resirkulerbare tekstiler er illustrert i figur 4.9, og beregnes på tilsvarende måte som for ombrukbare tekstiler: total mengde innsamlede tekstiler multipliseres med gjennomsnittlig andel resirkulerbare tekstiler i tekstilstrømmen. Mengden multipliseres så med salgsprisen for resirkulerbare tekstiler for å få årlig inntekt.



Figur 4.9: Årlig inntekt resirkulerbare tekstiler

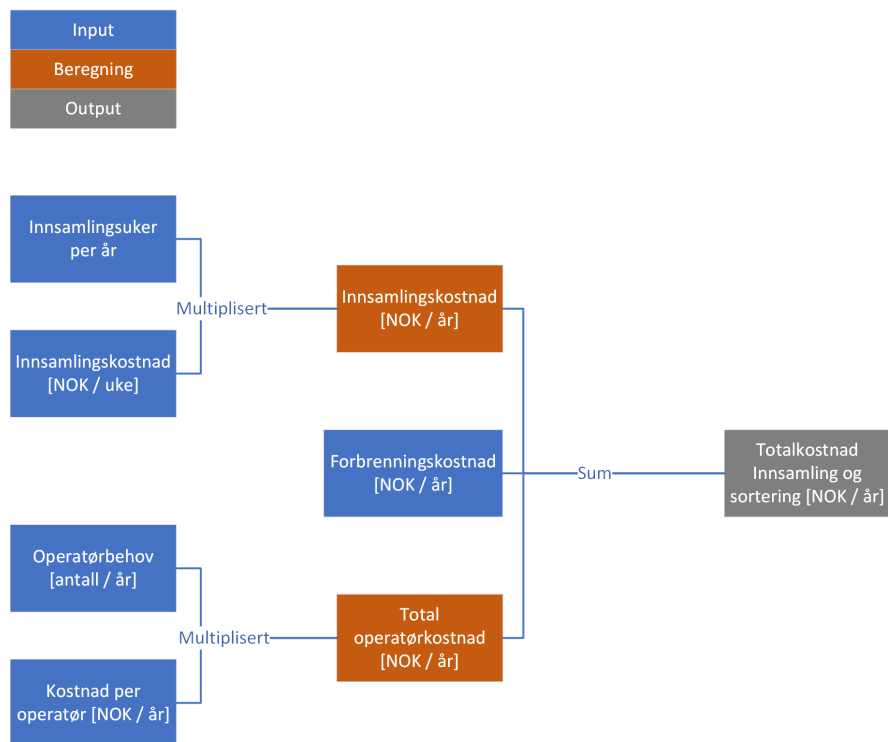
Totale kostnader

De totale kostnadene består av innsamlingskostnader, operatørkostnader og forbrenningskostnader og er illustrert i figur 4.10. Innsamlingskostnadene beregnes fra antall innsamlingsuker per år multiplisert med innsamlingskostnaden per uke.

Operatørkostnaden beregnes fra antall operatører per år (figur 4.6), multiplisert med kostnader per operatør per år.

Forbrenningsavgiften er beskrevet i avsnittet over. Disse kostnadene summeres og resultere-

rer i totale kostnader for innsamling og sortering.



Figur 4.10: Beregningsmodell totale kostnader

4.2 Scenarier

Dette avsnittet beskriver scenariene 0 til 3, som inkluderer dagens innsamlingsløsning, henteordning uten presortering, henteordning med presortering og en returpunkt løsning. Scenariene vurderer kostnadene knyttet til innsamling og sortering og fungerer som grunnlag for å besvare *F1*. Hovedoppsettet til scenariene er beskrevet i tabell 4.5.

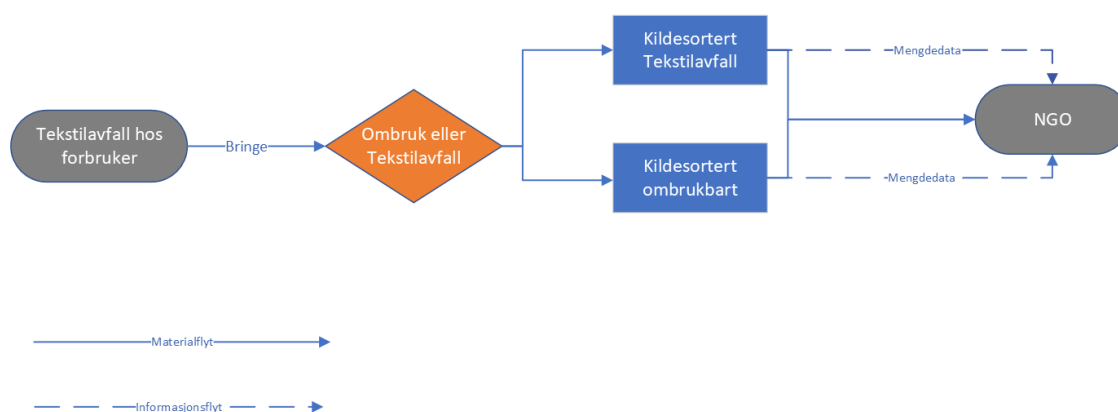
Scenariobeskrivelser

Scenario	Beskrivelse
Scenario 0	Dagens innsamlingsløsning: Bringeordning til gjenvinningsstasjonen
Scenario 1	Henteordning uten presortering: Henting hjemme hos forbruker, all sortering foregår på gjenvinningsstasjonen i tre fraksjoner (ombrukbart, resirkulerbart, tekstilavfall)
Scenario 2	Henteordning med presortering: Henting hjemme hos forbruker, forbruker sorterer i ombrukbart og tekstilavfall, TRV sorterer i tre fraksjoner (ombrukbart, resirkulerbart, tekstilavfall)
Scenario 3	Returpunkt: Forbruker leverer ved returpunkt, forbruker sorterer i ombrukbart og tekstilavfall, TRV sorterer i tre fraksjoner (ombrukbart, resirkulerbart, tekstilavfall)

Tabell 4.5: Scenariobeskrivelser

4.2.1 Scenario 0: Dagens løsning – bringeordning

Bringeorrdning er dagens ordning hos TRV, illustrert i figur 4.11 med både materialflyt og informasjonsflyt. Denne ordningen fungerer slik at forbruker bringer tekstilene – både ombrukbare og tekstilavfall – til gjenvinningsstasjonen, og leverer tekstilene i tilhørende innsamlingsbur. Her skal alle tekstilene som kommer inn til gjenvinningsstasjonen leveres. Fordi det er opp til forbruker å sortere og levere tekstilene på gjenvinningsstasjonen er innsamlingen uforutsigbar i forhold til mengder og kvalitet, da det er vanskelig å forutse når forbruker velger å levere. Tekstilene som kommer inn sorteres av forbruker selv, og både ombrukbart og tekstilavfall som samles inn via kildesortering går til Fretex. Det er gjort beregninger på denne løsningen som viser at gjennomsnittlig ca. 85% av tekstilene som samles inn på gjenvinningsstasjonen kommer inn via restavfallet, enten kastet i restavfall hjemme hos forbruker eller levert i restavfall på gjenvinningsstasjonen, illustrert i figur 3.3.



Figur 4.11: Scenario 0: Dagens løsning

Fordeler og ulemper scenario 0

Scenario 0 beskriver dagens løsning for innsamling av EoL tekstiler og fungerer som et grunnlag for forbedringspotensialet. Fordelen med denne løsningen er at den krever lite fra TRV. Forbruker sorterer og bringer tekstilene selv til gjenvinningsstasjonen, hvor de lagres i bur (figur 3.2a) delt i to fraksjoner: tekstilavfall og ombrukbart, som senere hentes av Fretex (Bunkholt og Nguyen, personlig kontakt; Informasjonsmøte). Denne løsningen dekker i teorien kravene til den oppdaterte avfallsforskriften, men beregninger på mengder viste at gjennomsnittlig 15% av tekstilene som leveres på gjenvinningsstasjonen er kildesortert. Den lave andelen kildesortering betyr at 85% av total mengde tekstiler som kommer inn på gjenvinningsstasjonen kommer inn i feil fraksjon: restavfall. Den lave sorteringsgraden er del av bakgrunnen for å vurdere andre innsamlingsløsninger med høyere forventet sorteringsgrad.

Det er også illustrert i figur 3.4 at mengden EoL tekstiler som havner i restavfallet hjemme hos forbruker økte fra 2020 til 2022, mens mengden levert på gjenvinningsstasjonen, både kildesortert og i restavfall, avtar. Dette resultatet antyder at forbruker i høyere grad velger enkleste løsning for å kvitte seg med tekstilavfall, som å kaste det i restavfallet hjemme.

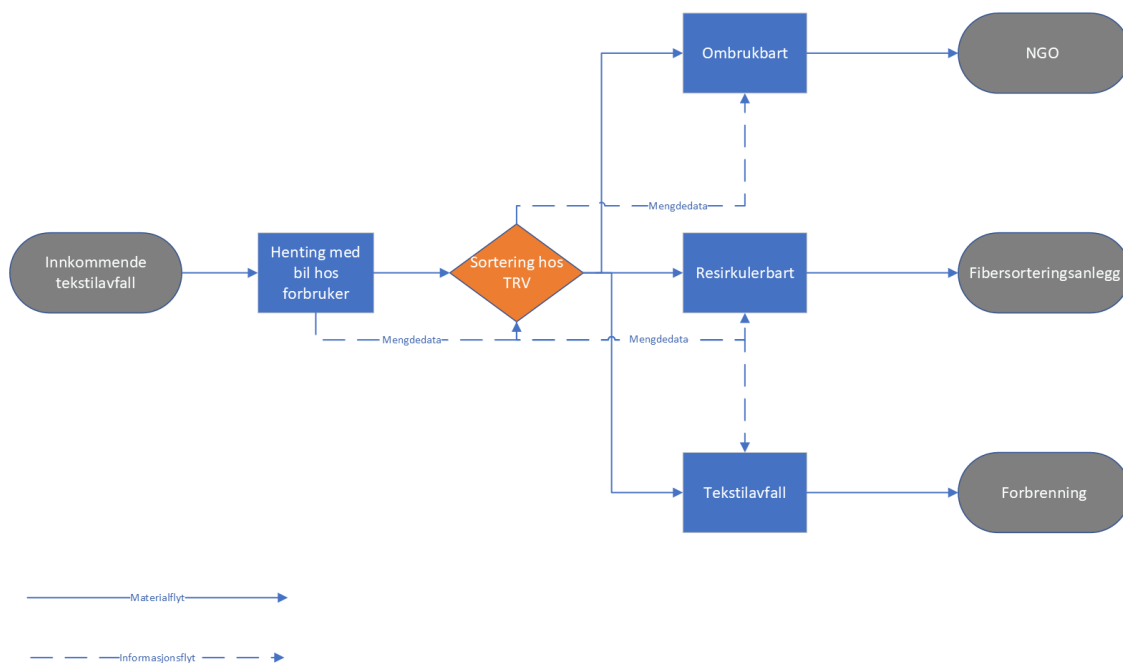
4.2.2 Scenario 1: Henteordning uten presortering

Løsningen for scenario 1 tar utgangspunkt i innsamlingsløsning for farlig avfall, med henting hos forbruker to ganger per år for hver husstand og 40 henteuker per år, og tar utgangspunkt i sortering i tre fraksjoner: ombrukbart, resirkulerbart og tekstilavfall. For dette scenariet foregår sorteringen utelukkende på gjenvinningsstasjonen. Figur 4.12 illustrerer materialflyt og informasjonsflyt for scenario 1, som undersøker henteordning uten presortering.

Modellen tar bruk av mengdedata på tonn tekstiler per fraksjon fra perioden 2020-2022 for å beregne årlig mengde tekstiler på gjenvinningsstasjonen. Denne mengden er kvalitetssjekket med nasjonale tall og TRV, og brukes som grunnlag for mengden tekstiler TRV skal håndtere. Beregningene på mengdedata legger til grunn en andel på 5% tekstiler i restavfall på bringeordning. Det understrekes at denne mengden er knyttet til usikkerhet, beskrevet i avsnitt 5.3. Beregningene er beskrevet i avsnitt 4.1.2.

Det er undersøkt innsamling både med innsamlingsgrad på 50%, og 70% av tekstiler som i dag havner i restavfallet, beskrevet i avsnitt 4.1, for å undersøke kostnadsutviklingen dersom forbruker sorterer ut større mengder tekstiler fra restavfallet.

Innsamlingskostnad er beregnet med tallgrunnlag fra TRV på kostnad per uke ganget med antall uker innsamling per år, og en internkostnad på ca. 430 000 NOK per år for 5 timer 5 dager i uken.

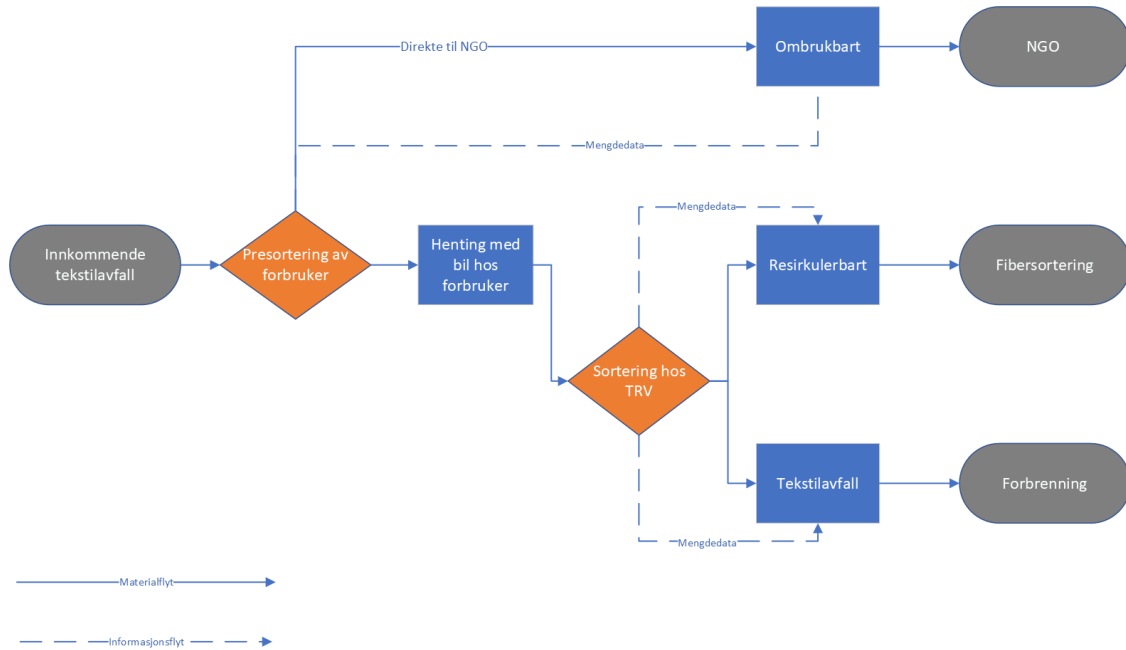


Figur 4.12: Scenario 1: Henteordning uten presortering

4.2.3 Scenario 2: Henteordning med presortering

Scenario 2 tar utgangspunkt i samme innsamlingsløsning som scenario 1, med henting hos forbruker to ganger per år for hver husstand og 40 henteuker per år. Sorteringen er delt opp i presortering av forbruker, hvor forbruker sorterer i ombrukbart og tekstilavfall, og sortering på gjenvinningsstasjonen i ombrukbart, resirkulerbart og tekstilavfall. Figur 4.13 illustrerer materialflyten og informasjonsflyten til scenario 2. Løsningen baserer seg

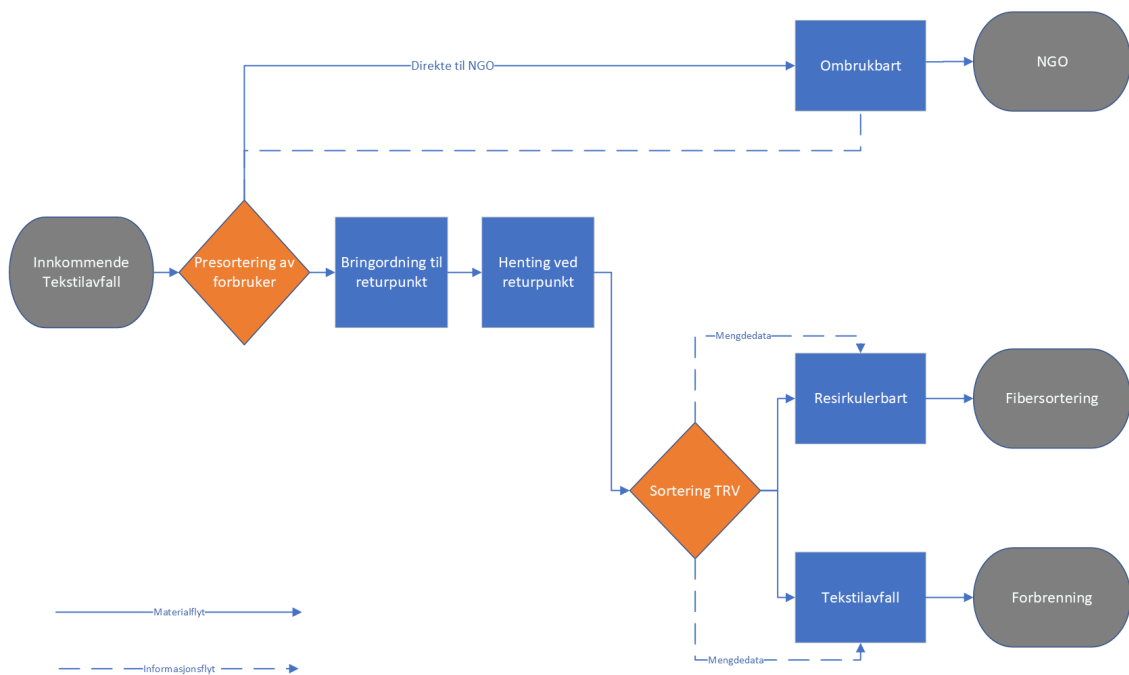
på samme informasjonsgrunnlag som scenario 1 – beskrevet i avsnitt 4.1.2 – i tillegg til presortering i to fraksjoner av forbruker, før tekstilene hentes av TRV. For denne ordningen vil ombrukbare tekstiler leveres direkte til NGO av forbruker, mens de resterende tekstilene blir hentet av TRV for videre sortering i resirkulerbart og tekstilavfall. Fordi mengden ombrukbare tekstiler i tekstilstrømmen er estimert til å være ca. 50% Skinnes (2023), vil en løsning med persortering kunne halvere mengden tekstiler TRV samler inn. Resultater fra pilotprosjektet NF&TA (2024), og litteratur fra Jäämaa and Kaipia (2022) tilsier at det er utfordrende for forbruker å sortere ombrukbart fra tekstilavfall, og det er derfor lagt til grunn 30% feilsortering av forbruker. Disse tallene er basert på resultater fra pilotprosjektet, som viste ca. 58% feilsortering av forbruker, nærmere beskrevet i avsnitt 3.5.1.



Figur 4.13: Scenario 2: Henteordning med presortering

4.2.4 Scenario 3: Returpunkt

Scenario 3 går ut på bringeløsning til returpunkt. Dette vil ligne løsningen for innsamling av glass og metall, hvor forbruker leverer tekstilene til ett av mange returpunkter og TRV henter tekstilene der. Denne ordningen er, i likhet med henteordningene, undersøkt for 50%- og 70% innsamlingsgrad. Datagrunnlaget er tall fra TRV på mengde tekstiler, fordelt på kg per husstand for både 50% og 70%, ganget med antall husstander for å få total tekstilmengde. Videre er denne mengden delt på to hentinger per uke for et år for å kartlegge antall kg innsamlet per uke. Bringeordning til returpunkt består av presortering av forbruker på samme måte som for scenario 2, og bringing til returpunkt av forbruker hvor tekstilene blir hentet av TRV, illustrert i figur 4.14. Når tekstilene ankommer gjenvinningsstasjonen vil tekstilavfallet grovsorteres i tekstiler til gjenvinning og tekstilavfall, og gå til fibersortering eller forbrenning.



Figur 4.14: Scenario 3: Returpunkt

4.3 Resultater

4.3.1 Antall sorteringsfraksjoner

Sorteringsmodellen vurderer sortering i to, tre, og flere fraksjoner, beskrevet i avsnitt 4.1.2. Her vurderes antall fraksjoner opp mot kostnadene knyttet til sorteringen, og inntektene fra de forskjellige materialene. Ingen av sorteringene resulterer i profitt for sorteringen – kostnadene er alltid høyere enn inntektene –, men det fremkommer av modellen at sortering i tre fraksjoner er strategien med høyest inntekt og lavest total kostnad. Denne strategien er derfor brukt som utgangspunkt for alle scenariene beskrevet i avsnitt 4.2.

4.3.2 Resultater scenario 1

Datagrunnlaget på tekstilavfall per fraksjon er gitt av TRV. Det er beregnet 100% innsamling av det som i dag er kildesortert, og hhv. 50% og 70% av resterende mengde. Statistikk fra Trøndelag i Tall, 2023 på antall husstander i Trondheim brukes til å beregne antall kg tekstiler per husstand, som er estimert til ca. 7kg ved 50% innsamlingsgrad. En rute består av ca. 2000 husstander og henting foregår 2 ganger årlig per husstand.

På bakgrunn av dette er innsamlet mengde per rute for 50% innsamlingsgrad beregnet til ca. 7000 kg, og kostnaden per rute, gitt av TRV, er 40 000 NOK. Når innsamling er planlagt til 40 uker per år med internkostnad på ca. 430 000 NOK, er totalkostnaden for innsamling beregnet til ca. 2 030 000 NOK per år. Sorteringskostnaden for 50% innsamlingsgrad er beregnet til ca. 1 540 000 NOK som gir en totalkostnad for innsamling og sortering på ca. 3 600 000 NOK. Inntektene fra ombrukbare tekstiler er her beregnet til ca. 1 620 000 NOK.

For 70% innsamlingsgrad vil innsamlingskostnaden være den samme, mens tekstilmengde per husstand er beregnet til ca. 9kg, og innsamlet tekstilmengde per rute er beregnet til

ca. 9000 kg. Dette fører til en sorteringskostnad på ca. 2 290 000 NOK, som resulterer i en total kostnad for innsamling og sortering på ca. 4 320 000 NOK. Inntektene er her beregnet til ca. 2 170 000 NOK.

4.3.3 Resultater scenario 2

Scenario 2 er beskrevet i avsnitt 4.2.3. Datagrunnlaget for dette scenariet er likt det beskrevet for scenario 1, med 100% innsamling fra kildesortert, og 50%- og 70% innsamlingsgrad av tekstiler fra restavfall.

Basert på datagrunnlaget beskrevet i avsnittet over er det estimert ca. 2.4 kg tekstilavfall innsamlet fra forbruker, og innsamlet mengde per rute ca. 2350 kg for 50% innsamlingsgrad, som resulterer i innsamlingskostnad på ca. 2 030 000 NOK. Sorteringskostnaden for 50% innsamlingsgrad er beregnet til ca. 776 000 NOK, som resulterer i en total kostnad for innsamling og sortering på ca. 2 800 000 NOK. Inntektene beregnet for dette scenariet er ca. 350 000 NOK.

For 70% innsamlingsgrad er det brukt det samme datagrunnlaget, som resulterte i ca. 3.2 kg tekstilavfall per husstand, og ca. 3200 kg per rute. Innsamlingskostnaden er her også ca. 2 030 000 NOK, og sorteringskostnaden er beregnet til ca. 1 540 000 NOK, som resulterer i en total kostnad for innsamling og sortering på ca. 3 560 000 NOK. Inntektene er her beregnet til ca. 470 000 NOK.

4.3.4 Resultater scenario 3

Scenario 3 beskriver en returpunkt løsning, beskrevet i avsnitt 4.2.4. Dette scenariet bruker samme datagrunnlag som løsningene beskrevet over, men istedenfor å vurdere mengde tekstiler per rute, vurderer den mengde tekstiler per uke for alle returpunkter. Det er lagt til grunn henting to ganger i uken for alle returpunkter. Løsningen er undersøkt med både 50%- og 70% innsamlingsgrad av tekstiler fra restavfall, og presortering av forbruker. Innsamlingskostnaden for scenario 3 er basert på antall henteuger per år for henting to ganger i uken, og er estimert til ca. 1 390 000 NOK per år, for både 50% og 70% innsamlingsgrad. Denne kostnaden inkluderer både kostnaden for hentebilen og to personer for to hentinger per uke, og en kostnad for interntimer.

Sorteringskostnaden for scenario 3 er basert på ca. 5000 kg innsamlet tekstiler per uke for 50% innsamlingsgrad, og er beregnet til ca. 1 573 000 NOK, som resulterer i en total kostnad for innsamling og sortering på ca. 2 962 000 NOK. Inntektene til dette scenariet kommer fra den feilsorterte andelen ombrukbare tekstiler og de resirkulerbare, og er beregnet til ca. 993 000 NOK.

For 70% innsamlingsgrad er mengden tekstiler økt til ca. 6900 kg per uke, og har en beregnet sorteringskostnad på ca. 2 350 000 NOK, mens inntektene er beregnet til ca. 1 334 000 NOK. Total kostnadene er beregnet til ca. 3 737 000 NOK.

Kapittel 5

Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres resultatene fra analysen i forhold til teorien beskrevet i kapittel 2. Hensikten med undersøkelsen er å komme frem til en innsamlings- og sorteringsmetode som oppfyller kravene til EU direktivet og regjeringen samtidig som den kan forbedres for fremtidige utviklinger i lovverket og infrastruktur, i tillegg til å være en enkel og effektiv løsning både for TRV og forbruker. Analysen bruker fagkunnskap om Lean produksjon fra Stoesser (2019), beskrevet i avsnitt 4.1.1.

F1 og *F2* besvares ved resultatene fra analysen kombinert med teori beskrevet i kapittel 2, og vurderes i forhold til resultatene fra analysen knyttet til kostnader.

5.1 F1: Hvor og hvordan bør innsamling og sortering av EoL tekstiler foregå for å fremme bærekraft og sirkularitet, og hvilke barrierer er knyttet til håndteringen av EoL tekstiler?

Utfordringen med EoL tekstiler for returlogistikk er blant annet innsamling, som skjer fra mange punkter – forbrukere, til ett punkt – gjenvinningsstasjonen.

Henteordning er vurdert som et alternativ til dagens løsning på grunn av den lave graden av utsorterte EoL tekstiler i dagens løsning beskrevet i avsnitt 4.2.1. Fordi tekstilene kommer fra forbruker er det vanskelig å få informasjon om mengde og kvalitet på forhånd.

F1 må vurderes i forbindelse med 'postponement theory', beskrevet i avsnitt 2.2. verdikjestrategiene må her vurderes i et returlogistikk perspektiv. For EoL tekstiler vil verdikjeden bestå av innsamling, sortering, og videre bearbeiding. I likhet med Hinkka et al. (2023) vurderer denne undersøkelsen også lokal sortering – 'speculation', hvor tekstilene sorteres lokalt på TRV i tillegg til presortering av forbruker. Fordelen med denne strategien er at det vil redusere mengden tekstiler som samles inn, i tillegg til å redusere risikoen for kontaminering av tekstilene, da ombrukbare tekstiler ikke vil samles inn sammen med tekstilavfall. Ulempen med denne strategien er at det krever sortering av forbruker, som medfører risiko for feilsortering. Det må også vurderes hvor villig forbruker er til å bruke tid på sortering av EoL tekstiler.

Det er også vurdert utsettelse – 'postponement' av sorteringen. Fordelen med utsettelse av sorteringen er at man fjerner risikoen for feilsortering, og tilbyr en enkel løsning for forbruker, som fører til større sannsynlighet for at tekstiler ikke havner i restavfallet.

I denne undersøkelsen er utsettelse av sorteringen vurdert i forhold til sorteringsfraksjoner – det er tatt utgangspunkt i en form for sortering lokalt hos TRV uansett. Sorteringsmodellen beskrevet i avsnitt ?? vurderer at den mest kostnadseffektive sorteringen gjøres i tre fraksjoner; ombrukbart, resirkulerbart og tekstilavfall. Sortering på denne måten er også en anbefaling fra markedet (Stenseth 22.03.2024). Utsettelse av sorteringen utover alternativene beskrevet over er vurdert som lite bærekraftige, fordi tekstiler har lav holdbarhet når de blir liggende lenge – man risikerer kontaminering av ombrukbare tekstiler. Derfor er det vurdert at å utsette sorteringen til senere i verdikjeden medfører risiko for at flere tekstiler går til forbrenning fordi de ble ødelagt under transport og oppbevaring. Det er beskrevet i Jäämaa and Kaipia (2022) at det er utfordrende for forbrukere å sortere EoL tekstiler i fraksjoner, da det ikke er motivasjon for- eller opplæring i å sortere og levere EoL tekstiler, kalt 'first mile problem'. Dette er også noe som er påpekt i pilotprosjektet til NF&TA (2024), med den store andelen ombrukbart i de innsamlede tekstilene. På bakgrunn av dette er scenario 1, illustrert i figur 4.12, den beste løsningen for å sørge for riktig utsortering, som er et krav fra 2025 (Forskrift 10a).

Det finnes også flere barrierer knyttet til sortering av EoL tekstiler, inkludert adferdsmessige, strukturelle og økonomiske. De mest sentrale er diskutert under.

Manglende bevissthet og motivasjon er beskrevet i avsnitt 2.3, og inntreffer tidlig i verdikjeden til EoL tekstiler, og et problem beskrevet i forbindelse med ombruksmarkedet beskrevet i avsnitt 2.4. Denne barrieren er beskrevet som manglende informasjon og bevissthet hos forbruker om viktigheten av sortering, og manglende kunnskap om hvordan sortering skal foregå og hvordan man differensierer mellom gjenbrukbart og tekstilavfall. En av utfordringene knyttet til denne barrieren er holdningene til forbruker i forbindelse med riktig sortering og avhending av tekstiler. Viktige ressurser for å overkomme barrierer knyttet til motivasjon og bevissthet er å øke bevisstheten til forbruker. Dette er allerede iverksatt i sammenheng med det økte fokuset på EoL tekstiler fra EU, og kan videre utvikles med informasjonskampanjer og retningslinjer for hvordan sorteringen skal foregå for forbruker.

Mangelfull infrastruktur og tilgjengelighet sees i sammenheng med det umodne markedet for sorteringsanlegg for EoL tekstiler, i tillegg til manglende ressurser og retningslinjer for hvordan innsamling skal foregå og hvem som er økonomisk ansvarlig. Usikkerheten knyttet til innsamlingsmetoder kombinert med Forskrift 10a stiller høye krav til kommunale gjenvinningsstasjoner uten å tilby løsninger som implementeres samtidig. Tiltak for å overkomme disse utfordringene er blant annet utvikling av sorteringsanlegg, som er påbegynte prosjekter av Norwegian Re:Textiles og (Tomra). I tillegg vil en robust verdikjede gode innsamlingsløsninger være nødvendig for å møte kravene til EU og regjeringen om utsortering av tekstilavfall (Regjeringen 2021).

Økonomiske barrierer er et sentralt tema for håndteringen av EoL tekstiler. Produsentansvarsordningen er under utvikling, men det er enda uvisst hvordan den vil utforme seg. Dette er en utfordring fordi innsamlingen og håndteringen av EoL tekstiler implementeres før det er avgjort hvem som er ansvarlig for regningen og tekstilene. Denne barrieren er krevende fordi det er gjenvinningsstasjonene og dermed kommunene som foreløpig står ansvarlig for å dekke kostnadene knyttet til dette, som potensielt kan føre til økte kommunale avgifter som lander på forbruker i en allerede krevende økonomisk tid. For å overkomme denne barrieren kan fibersortering være en ressurs, fordi inntektene fra solgte fiber Skinnes (2023) kan bidra til å betale regningen. Det samme kan gjøres med inntektene til ombrukstekstiler (Skinnes 2023). Avsnitt 4.2 viste at kostnadene knyttet til innsamling og sortering er betydelige, og inntektene fra ombrukstekstiler og fiber sannsynligvis ikke vil dekke dette. Derfor kan det også være aktuelt å vurdere om statlige subsidier er aktuelt

i denne sammenhengen, frem til produsentansvarsordningen er på plass.

5.2 F2: Hvordan kan ulike innsamlings- og sorteringsmetoder for tekstilavfall på gjenvinningsstasjonen optimaliseres for å maksimere sirkularitet og bærekraft samtidig som kostnadene minimeres?

Scenario 1 vil koste TRV ca. 3 600 000 NOK for innsamling og sortering dersom innsamlingsgraden fra restavfallet er 50%. Ved å undersøke kostnaden dersom innsamlingsmengden fra restavfallet er 70% er det mulig å utforske kostnadsutviklingen dersom forbruker i større grad benytter seg av de tiltenkte løsningene for innsamling. Denne utviklingen forventes av TRV da deres kunnskapsgrunnlag tilsier at forbruker venner seg til nye systemer etterhvert.

Dette er også et element som er viktig å vurdere i forhold til om man skal innføre informasjonskampanjer rettet mot forbruker, for å øke bevisstheten rundt separat innsamling. Den variable kostnaden er knyttet til antall innsamlingsuker og operatører for sortering, med noen variasjoner i antall fraksjoner TRV velger å sortere i. Derfor er det nødvendig å vurdere hvem som dekker denne kostnaden. Når produsentansvaret for tekstiler ikke er definert er det naturlig å anta at kostnaden dekkes av kommunen eller gjennom kommunale avgifter. Dersom innsamlingsgraden økes til 70% vil kostnadene øke med omtrent ca. 20%. Dette vil være en høyere økonomisk belastning for TRV, men vil samtidig føre til lavere andel tekstiler i restavfallet, som er del av målet med EU direktivet.

Scenario 1 er den enkleste løsningen for forbruker i form av sortering og korrekt avhending av EoL tekstiler. Fordi tekstilene hentes hjemme hos forbruker trenger de bare å samle tekstilene i beholdere før de blir hentet. Derfor er scenario 1 gunstig for å unngå barrierer som mangelfull bevissthet og motivasjon, i tillegg til at det ikke krever kunnskap fra forbruker i forbindelse med presortering. Ulempen med denne løsningen er at sorteringsbehovet på gjenvinningsstasjonen blir høyt, som betyr at sortering blir en høy økonomisk belastning. Det er heller ikke tatt hensyn til andre aktører på markedet ved denne løsningen, som kan føre til at allerede etablerte NGO i ombruksmarkedet mister deler av inntektskilden sin.

Med hensyn på resultatene fra scenario 1 er det utarbeidet en alternativ henteordning for TRV – scenario 2, som inkluderer presortering av forbruker, illustrert i figur 4.13. Denne ordningen har samme utgangspunkt som scenario 1, men TRV samler kun inn tekstilavfall, mens ombrukbare tekstiler går direkte til NGO. Fordi andelen ombrukbare tekstiler er omtrent 50% Skinnes (2023) kan det føre til halvering av innsamlet mengde og sorteringsbehov på gjenvinningsstasjonen.

Fordi det er utfordrende for forbruker å skille ombrukbart og tekstilavfall NF&TA (2024) er det lagt til grunn en 30% feilsortering av forbruker. Dette er gjort på bakgrunn av resultatene fra NF&TA (2024), hvor 58% av innsamlede var ombrukbart. Det er antatt i prosjektet at deler av denne mengden er på grunn av at dette er den enkleste løsningen for forbruker, og dermed er det brukt en lavere prosentandel i denne undersøkelsen. Ved en økning til 70% innsamlingsgrad vil kostnadene til TRV øke med ca. 35%. Dette alternativet har lavere kostnad for TRV enn scenario 1, men innebærer risiko i forhold til riktig presortering av forbruker Jäämaa and Kaipia (2022), som kan føre uforutsigbarhet i innsamlet mengde, og derfor sorteringsbehovet. Kostnadsøkningen ved høyere utsortering

er også høyere for denne løsningen enn for scenario 1.

Scenario 2 har lavere økonomisk belastning for TRV fordi mengden innsamlede tekstiler er beregnet til å være lavere enn scenario 1. I tillegg tas det høyde for at TRV kun tar imot tekstilavfall, slik at tekstilene som i dag går til NGO fortsatt blir levert dit. Slik kan man sørge for at et allerede etablert ombruksmarked ikke forsvinner fra markedet. Denne løsningen stiller også høyere krav til forbruker i forbindelse med bevissthet og motivasjon for sortering av tekstilene, da denne løsningen stiller krav til presortering av forbruker. Denne utfordringen kan takles ved informasjonskampanjer som har som formål å øke bevisstheten til forbruker i forbindelse med viktigheten av riktig sortering av tekstiler og konsekvensene manglende sortering har for bærekraft og miljø.

Scenario 3 beskriver en ordning med levering til returpunkt, og er undersøkt med presortering av forbruker. Denne løsningen tilbyr en mindre krevende løsning for TRV samtidig som det er en enklere løsning for forbruker i forhold til dagens ordning. Det er tatt utgangspunkt i samme ordning som for glass og metall ved returpunkt, med henting to gang i uken. Ved å få tekstilene levert til returpunkt vil TRV få færre hentepunkter å forholde seg til, og forbruker vil ha kortere avstand for å levere EoL tekstiler.

Ved å innføre presortering tilrettelegger man for at gjenvinningsstasjonen ikke tar av tekstilmengden som i dag går til NGO, samtidig som man tilbyr en løsning for å kvitte seg med tekstilavfall uten at det havner i restavfall. Utfordringer med denne løsningen er knyttet til innsamlingen. Det er ikke mulig å kontrollere hva og hvor mye forbruker kaster ved returpunktet og derfor vanskelig å estimere sorteringsbehovet for TRV. Det må også vurderes konsekvenser for NGO, da en slik løsning kan føre til at forbruker leverer alt ved disse returpunktene, og det kan være hensiktsmessig å vurdere et samarbeid mellom NGO og gjenvinningsstasjonen for å sørge for riktig sortering.

Denne løsningen har den laveste kostnaden for innsamling for TRV. Ved en økning til 70% innsamlingsgrad vil kostnadene til TRV øke med ca. 20%.

Denne løsningen stiller samme krav til forbruker i forbindelse med bevissthet og motivasjon på grunn av behovet for presortering, i tillegg til at forbruker må levere tekstilene til et returpunkt. Dette er en utfordring i lys av barrierer som manglende bevissthet og motivasjon, og vil kreve økt bevisstgjøring av forbruker i tillegg til et samarbeid med NGO dersom løsningen skal fungere optimalt.

5.3 Usikkerhet rundt resultatene

Undersøkelsen er preget av noe usikkerhet, beskrevet og diskutert under. Analysen tar utgangspunkt i hvor mange kg EoL tekstiler hver husstand har i løpet av et år. Valget om å bruke tekstilmengde per år er gunstig fordi sortering og innsamling beregnes ut fra årsverk E. Mengdedataene fra TRV er kvalitetssjekket mot nasjonale tall hentet fra rapporter Sunde et al. (2023; Ch. 2.1) og Rubach et al. (2023; Ch. 3.1.1) for å sikre et reelt utgangspunkt for analysen. Innsamlingsmengden er beregnet ut fra den totale årlige mengden per husstand delt på antall hentinger per år. Dette er en forenklet fremstilling, og vil være mer og mindre reell basert på når på året hentingene finner sted. Dette på grunn av adferdsmønster til forbruker i forbindelse med innkjøp av tekstiler. Detaljhandel har sesongvariasjoner, og har høyest salg i periodene april - mai og oktober - november. Dette er noe som vil påvirke mengden tekstiler samlet inn ved forskjellige tider på året. I analysen er det også brukt gjennomsnittstall på inntektene til ombrukbare tekstiler, fibertyper og resirkulerbare tekstiler hentet fra (Skinnes 2023). Disse tallene er i stor grad

representative, men det er påpekt at salgsprisen for ombrukbare tekstiler er noe høyere i Norge enn det som er oppgitt i rapporten. I forbindelse med inntektene på ombrukbare tekstiler er det også usikkerhet knyttet til hvor stor andel feilsortering man kan forvente av forbruker. Dette vil være relevant for estimering av inntekter fra salg av ombrukbare tekstiler og behovet for operatører hos TRV knyttet til sortering fordi innsamlet mengde kan variere i forbindelse med feilsortering.

Det er lagt til grunn en andel på 5% tekstiler i restavfall på bringeordning, beskrevet i avsnitt 4.2.2. Denne andelen er bestemt på forslag fra TRV Bunkholt og Nguyen, personlig kontakt; Mail, men det må tas hensyn til at andelen tekstiler i restavfallet varierte mellom 5% og 23%. Det understrekes derfor at andelen tekstiler samlet inn kan være høyere enn beregningen tar høyde for.

Kapittel 6

Konklusjon

Analysen avdekker kostnadmessige konsekvenser ved ulike innsamlings- og sorteringsscenarier. Svakheter ved dagens løsning for innsamling og sortering av EoL tekstiler innebærer høy grad av tekstiler i restavfallet, og påfølgende lav andel i kildesortering. Analysen utforsker flere scenarier med ulike utgangspunkt som presortering, henteordning og bringeordning. Sorteringsmodellen vurderer antall fraksjoner sortering skal foregå i for kostnadseffektiv sortering.

Sorteringsmodellen undersøker sortering i to fraksjoner; ombrukbart og tekstilavfall, tre fraksjoner; ombrukbart, resirkulerbart og tekstilavfall, og flere fraksjoner; ombrukbart, bomull, polyester, bomull og polyester blanding, og tekstilavfall. Fordelen med færre fraksjoner er at det krever mindre kunnskap for å sortere riktig, mens utsortering i flere fraksjoner fører til lavere andel tekstilavfall og dermed laverekostnader – fordi færre tekstiler går til forbrenning. Grunnlaget beskrevet i kapittel 4 kombinert med bakgrunnsinformasjonen fra avsnitt 2.4 resulterer i en anbefaling på sortering i tre fraksjoner. Denne anbefalingen er den mest kostnadseffektive løsningen, samtidig som den tar hensyn til anbefalinger fra markedet.

Scenario 1 tar utgangspunkt i sortering utelukkende hos TRV og har dermed ingen usikkerhet rundt feilsortering av forbruker, slik at tekstilene havner i riktig fraksjon. Beregningene fra scenario 1 viser en total kostnad på ca. 3 640 000 NOK for 50% innsamlingsgrad, mens en økning til 70% innsamlingsgrad vil øke total kostnadene med ca. 20%.

Denne løsningen stiller høye krav til TRV på bemanning i forhold til sortering, og høy forventet tekstilmengde. På grunn av høyere bemanning for sortering er denne løsningen den mest kostbare av henteløsningene. Det vil derfor være nødvendig å vurdere hvilke forhold som har størst vekt; kostnadene eller sortering i riktige fraksjoner. Denne løsningen antas å ikke skape forstyrrelser for NGO på markedet fordi henting er planlagt to ganger per år, og det forventes at forbruker ikke kommer til å spare alle tekstiler til disse hentingene, men heller velge å levere en andel til NGO for å kvitte seg med det raskere.

Scenario 2 vurderer derfor samme løsning med presortering av forbruker, som vil redusere mengden tekstiler TRV må forholde seg til. Beregningene fra scenario 2 viser en total kostnad på ca. 2 850 000 NOK for 50% innsamlingsgrad, mens en økning til 70% innsamlingsgrad vil øke total kostnadene med ca. 35%.

Denne løsningen innebærer risiko i forhold til presortering av forbruker, da det er beskrevet (HVOR) at det er utfordrene for forbruker å sortere tekstilene i riktig fraksjon. Denne løsningen skal i utgangspunktet kreve sortering i to fraksjoner; resirkulerbart og tekstilavfall for TRV, men sannsynligheten for innsamling av ombrukbare tekstiler er høy nok til at

sorteringen fortsatt må foregå i tre fraksjoner. Kostandene knyttet til denne løsningen er lavere på grunn av den lavere andelen innsamlede tekstiler. Lavere mengde tekstiler betyr mindre behov for operatører til sortering, som kutter kostnadene til TRV noe. I forhold til scenario 1 er kostnadene her omtrent 12% lavere. Det vil derfor være en vurdering på hvor stor utfordring sortering vil være for forbruker og kostnadsbesparelsene på dette. Denne løsningen tar hensyn til andelen tekstiler som leveres hos NGO i dag, da den har som hensikt å kun samle inn tekstilavfall.

Scenario 3 undersøker innsamling med returpunkt, med henting to ganger i uken. Beregningene fra scenario 3 viser en total kostnad på ca. 3 000 000 NOK for 50% innsamlingsgrad, mens en økning til 70% innsamlingsgrad vil øke total kostnadene med ca. 20%.

Denne løsningen tilbyr enklere innsamling for TRV fordi de unngår henting hos forbruker. Det er tatt utgangspunkt i presortering av forbruker, slik at ombrukbare tekstiler kan leveres til NGO og tekstilavfallet leveres til TRV. Denne løsningen har utgangspunkt i to hentinger per uke, og dermed lavest innsamlingskostnad av alle scenarier. Utfordringer med denne løsningen er kontrollering av hva som leveres hvor. Dersom noen returpunkter er nærmere enn andre kan forbruker beslutte å levere alt sammen, slik at tekstilene ikke havner i riktig fraksjon. Det er også utfordrende å kontrollere at bare tekstiler leveres ved disse punktene. Man risikerer kontaminering av tekstilene dersom det blandes med annet avfall, slik at tekstiler som i utgangspunktet er ombrukbare eller resirkulerbare blir tekstilavfall på grunn av kontaminering.

Fordi undersøkelsen skal kartlegge nye systemer for EoL tekstiler og baserer seg utelukkende på scenarier er det flere aspekter som må vurderes som forbrukerbevissthet og motivasjon, umodne markeder både for ombruk og fibersortering, og uferdige ordninger som produsentansvar. Problemstillingen tar for seg en kompleks verdikjede i et underutviklet marked. Det må tas hensyn til aktører som allerede er på markedet, og utviklinger i regelverket som er forventet i fremtiden. Resultatene peker ikke på én løsning som tydelig er overlegen de andre, da alle scenarier har sine fordeler og ulemper.

Basert på informasjonsgrunnlaget i undersøkelsen, dagens marked og den forventede utviklingen anbefales det å utprøve en ordning tilsvarende scenario 2: Henteordning med presortering. Denne løsningen er valgt med hensyn på markedet til NGO, kostnadseffektivitet for TRV, og forbrukeradferd. Løsningen sørger for at TRV ikke overtar hele markedet til EoL tekstiler i Trondheim, samtidig som tekstilavfallet får separat innsamling. Henteordning er vurdert som beste løsning fordi det innebærer mer kontroll i forhold til kontaminering av annet avfall, og krever bare sortering i ombrukbart og tekstilavfall av forbruker.

Det understrekes også at et samarbeid mellom NGO og gjenvinningsstasjonen vil være ideell. NGO har allerede et godt utviklet system for sortering av EoL tekstiler, mens gjenvinningsstasjoner har ressurser for innsamling. Ved et samarbeid vil TRV kunne stå for innsamling slik at flest mulig tekstiler samles inn utenfor restavfallet, mens NGO står for sortering slik at tekstilene sorteres i riktige fraksjoner.

Referanseliste

Bruktundersøkelsen, 2024, 2024. Bruktundersøkelsen.

Bunkholt og Nguyen, personlig kontakt. Møter og Mail med kontaktpersoner på TRV.

European Environment Agency EEA. Textiles in Europe's Circular Economy, 2019. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy>.

EEA, 2022. Briefing on textile waste.

EU. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions a new circular economy action plan for a cleaner and more competitive europe. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>.

FNs Bærekraftsmål. Accessed 31.03.2024.

Forskrift 10a. *Forskrift om endring i avfallsforskriften (utsortering, innsamling, forberedelse til ombruk og materialgjenvinning av enkelte avfallstyper)*, 2023.

Ville Hinkka, Anna Aminoff, Rosa Palmgren, Pirjo Heikkilä, and Ali Harlin. Investigating postponement and speculation approaches to the end-of-life textile supply chain. *Elsevier*, 2023.

HM Tekstilinnsamling. URL https://www2.hm.com/no_no/baerekraft-hos-hm/our-work/close-the-loop.html.

Linea Kjellsdotter Ivert, Riikka Kaipia, Iskra Dukovska-Popovska, Håkon Bratland, Jon Nilsson-Djerf, Reimer Ivang, Magnus Nilsson, Hafdis Jonsdottir, Flemming Hynkemeyer, Ufl Hammarberg, Camilla Holten, Sandra Alm, Hanna Hellström, Thomas Ulderup, Martin Kruse, Helen Olsson, Jeanette Hartung, Heidi Carin Dreyer, Kevin Gelsi, Anna Carin af Foselles, and Steen Trasborg. Towards a sustainable circular system of textiles in the nordic region (satin). 2022.

Lauri Jäämaa and Riikka Kaipia. The first mile problem in the circular economy supply chains - collecting recyclable textiles from consumers. *Elsevier*, 2022.

Mepex. Dypdykk i materialstrømmene for tekstiler fra husholdninger i Norge. 2023. URL https://mepex.no/wp-content/uploads/2024/02/Dypdykk-i-materialstrommene-for-tekstiler-fra-husholdninger-i-Norge_Mepex.pdf.

Deepa Mishra, R.R.K Sharma, Angappa Gunasekaran, Thanos Papadopoulos, and Rameshwar Dubey. Role of decoupling point in examining manufacturing flexibility: and empirical study for different business strategies. *Tandfonline*, 2017.

Møtereferat.

-
- NF&TA. Hvordan blir fremtidens tekstilinnsamling? 2024. Resultater fra nasjonalt prøveprosjekt for innsamling av tekstiler.
- Norsk Gjenvinning, 2023. URL <https://blogg.norskgjenvinning.no/slik-vil-co2-avgiften-pavirke-forbrenningsanleggene-i-2024>.
- Norwegian Re:Textiles. Etablering av sorteringsanlegg 2024.
- Klima og miljødepartementet. Tekstil. URL <https://www.regjeringen.no/nn/tema/klima-og-miljo/forurensning/innsiktsartiklar-forureining/tekstil/id2922304/>. Publisher: regjeringen.no.
- Klima og Miljødepartementet. Produsentansvar for tekstiler, 10.10.2023. URL <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/produsentansvar-for-tekstiler/id2999442/>.
- Janus D. Pagh and Martha C. Cooper. Supply chain postponement and speculation strategies: How to choose the right strategy. *Journal of Business Logistics*, 1998.
- Regjeringen. Nasjonal Strategi for ein grønn, sirkulær økonomi. 2021. URL <https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf0>.
- Regjeringen. Forslag til ny økodesignforordning, 2022. URL <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2022/mai/forslag-til-ny-okodesignforordning/id2949761/>.
- Regjeringen. Produsentansvar for tekstiler. 2023.
- Synnøve Rubach, John Baxter, and Ina Charlotte Berntes. 2023 kunnskapsstatus for tekstiler og tekstilavfall i norge. 2023.
- David Simchi-Levi, Phil Kaminsky, and Edith Simchi-Levi. *Designing and Managing the Supply Chain*. McGraw Hill, 2022.
- Knut Skinnes. Prosjekt oseberg ressursoptimal og ansvarlig håndtering av norsk tekstilavfall, 2023.
- Bendik Stenseth. Teamsmøte, Tekstiler og tekstilavfall. 22.03.2024.
- Klaus R. Stoesser. *Process Optimization for Manufacturing Companies*. SpringerGabler, 2019.
- Camilla Sunde, Eva Valborg Hovda, Saeid Sheikhi, and Siri Vestengen. Redu wasted textiles project. Technical report, 2023.
- Tekstilboks Fretex. URL <https://www.fretex.no/levere/>.
- Tekstilgjenvinning TRV. URL <https://trv.no/levere-avfall/heggstadmoen-gjenvinningsstasjon/>.
- Tomra. Post consumer textiles.
- Trøndelag i Tall, 2023. URL <https://trondelagitall.no/statistikk/husholdninger>.
- Matthew Wilson and Sean Goffnett. Reverse logistics: Understanding end-of-life product management. 2022.
- Wayne L. Winston and S. Christian Albright. *Practical Management Science*. Cengage, 2021.

Appendix

A Standardavtale



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Avtale

Avtale for gjennomføring av bacheloroppgave mellom NTNU, oppdragsgiver (firma, etat) og student(er).

Avtalepartnere

NTNU Fakultet for Økonomi Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse	Veileders navn/tlf/e-post: Heidi Carin Dreyer +47 982 91 146 Heidi.C.Dreyer@ntnu.no
Oppdragsgiver Firma/etat/ TRV Gruppen AS	Ingjerd Bunkholt: 95 73 67 22 ingjerd.bunkholt@trvgruppen.no:
Student: Karoline Sørensen	
Gruppe nr: 12	
Prosjekt-tittel/arbeidstitel	Mot Sirkulær Tekstilhåndtering hos TRV: Kriterier, Krav og Kostnadsanalyse av EoL tekstiler

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1.

Studenten(e)/prosjektgruppen skal gjennomføre prosjektet i perioden fra januar – juni 2024.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der NTNU og oppdragsgiver yter veiledning til avtalte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. NTNU skal stille til rådighet egen veileder. Oppdragsgiver plikter å gi en evaluering/sensur av prosjektet vederlagsfritt.

2.

Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:

Oppdragsgiver og NTNU dekker hver sin del av den veiledningstid som gis. Dekning av reiser og opphold langt fra studiested dekkes enten av studentene eller av oppdragsgiver ut fra den part som er aktiv for at reise og opphold er nødvendig

3.

Eiendomsrett

Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet inklusiv publisering. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og studentene bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.

Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.

Den totale besvarelsen med tegninger, modeller, digitalt lagret materiale og apparatur som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, kan vederlagsfritt benyttes til undervisnings- og forskningsformål (inkl. publisering) av NTNU. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av NTNU til andre formål enn undervisning og forskning uten avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved NTNU og/eller studenter har interesser.

Avtale

Hvis arbeidet medfører publisering, skal studentene oppføres som medforfattere.

5.

NTNU står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.

6.

Offentliggjøring.

Papirkopi av besvarelsen registreres og plasseres i NTNU's bibliotek. Oppdragsgiver og veileder godtar slik offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til NTNU om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring. Oppdragsgiver kan ved prosjektstart kreve at prosjektet skal behandles som *lukket prosjekt* dvs ikke publiseres eller plasseres i NTNU's bibliotek. Dette anføres i avtalens pkt 11.

7.

Når NTNU også opptrer som oppdragsgiver trer NTNU inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.

8.

Taushetserklæring

Ved denne avtalen erklærer studentene ved sin underskrift alminnelig taushetsplikt vedrørende tekniske innretninger, fremgangsmåter, drifts eller forretningsforhold hos oppdragsgiver som det er av betydning å behandle konfidensielt.

9.

Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene imellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift etter LOV 2004-05-14 nr 25: Lov om voldgift.

10.

Denne avtalen utferdiges med et eksemplar til hver av partene. Signert dokument godtas på pdf-fil. På vegne av NTNU er det faglærer/veileder eller studieleder som godkjenner avtalen.

11.

Annet

Prosjektet skal behandles som åpent

12.

Signaturer

Dato/ Veileder NTNU Institutt for Industriell økonomi og teknologiledelse	
<i>Heidi Carin Dreyer</i>	Trondheim 25. januar 2024
Dato/Oppdragsgiver/kontaktperson	
24.01.2024 / TRV Gruppen AS /	<i>Ingvold Bunkholt</i>
Dato/Student	
25.01.2024 /	<i>Karoline Soransen</i>

B Forprosjekt



Institutt for Industriell Økonomi og Teknologiledelse

FORPROSJEKT Bacheloroppgaven ved IØT

<i>Tittel (norsk og engelsk):</i> Mot Sirkulær Tekstilhåndtering hos TRV: Kriterier, Krav og Kostnadsanalyse av EoL tekstiler Towards Circular Textile Handling at TRV Criteria, Requirements, and Cost Analysis of End-of-Life Textiles	<i>Gruppenr.:</i> 12
<i>Forfattere:</i> Karoline Sørensen	<i>Dato:</i> 23/01/2024
	<i>Gradering:</i> Åpen
<i>Studieretning:</i> Bachelor logistikkingeniør	
<i>Veileder:</i> Heidi Carin Dreyer	
<i>Oppdragsgiver:</i> Trondheim Renholdsverk (TRV)	
<i>Oppdragsgivers kontaktperson:</i> Ingjerd Olden Bunkholt	

<i>Sammendrag:</i> Bacheloroppgaven omhandler håndtering og kriterier for EoL tekstiler på TRV, og skrives i samarbeid med NTNU og TRV. Avtalen mellom TRV og Fretex som omhandler mottak av EoL tekstiler utgår i starten av 2025, og TRV må sette ny avtale ut på anbud. Oppgaven kartlegger det nye EU-direktivet knyttet til tekstilhåndtering, resultatene fra pilotprosjektene til NF&TA[1], og dagens løsning hos TRV. I tillegg gjennomføres det litteraturstudie av relevant litteratur, og kostnadsberegninger knyttet til sortering av tekstiler på gjenvinningsstasjonen for å til slutt kunne komme med forslag til anbudskriterier. Det er utarbeidet fremdriftsplan for oppgaven som er illustrert i seksjon 5.1 for å sikre god fremgang og tydelige milepæler. Problemstilling og tema for oppgaven er utarbeidet i samarbeid med TRV, som skal gjennomgås i sluttrapporten.	
<i>Stikkord:</i> Bærekraft Sirkulær tekstiløkonomi Postponment teori Returlogistikk EoL-Tekstiler	<i>Keywords:</i> Sustainability Circular Textile Economy Postponement theory Return Logistics EoL-Textiles

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 MÅL OG RAMMER	1
1.1 Orientering	1
1.2 Oppgaven	1
1.3 Resultatmål.....	1
1.4 Effektmål.....	1
1.5 Rammer	2
2 ORGANISERING	2
3 GJENNOMFØRING	2
3.1 Hovedaktiviteter	3
3.2 Milepæler	3
4 OPPFØLGING OG KVALITETSSIKRING	3
4.1 Kvalitetssikring	3
5 VEDLEGG	3
5.1 Gantt-diagram.....	4
5.2 Adresseliste	4
5.3 Avtaledokument (se standardavtalen)	5
6 KILDER	8

1 MÅL OG RAMMER

1.1 Orientering

Fra 1. Januar 2025 iverksettes det nye EU-direktivet for end of life tekstiler (EoL tekstiler) med fokus på å oppnå en grønnere, mer sirkulær tekstilsektor.

Tekstilindustrien har lenge vært stemplet som en miljøverstering, og er skyldig i at rundt 500 000 tonn mikroplast havner i havet per år [2]. Ombruk og gjenvinning er viktige fremtidige ressurser for å håndtere brukte tekstiler på bærekraftig måte. Dette er et problem som er veldig dagsaktuelt og av stor interesse, med pilotprosjekter gjennomført i flere kommuner [1], og er motivasjonen for oppgaven.

Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Trondheim Renholdsverk på bakgrunn av at deres kontrakt med Fretex utgår i årsskiftet 24/25, og omhandler innsamling av EoL tekstiler på gjenvinningsentralen, inkludert analyse av spørsmål tilknyttet leveranse, sortering og videre behandling av tekstilene knyttet til avtale med NGO (Fretex, UFF etc.).

1.2 Oppgaven

Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Trondheim Renholdsverk (TRV) for å bidra med aktuelle problemstillinger hos dem. I forbindelse med at deres avtale om EoL tekstiler med Fretex utgår i årsskiftet 24/25, og det nye EU-direktivet knyttet til håndtering av EoL tekstiler er det et behov for TRV å få bedre oversikt over hvilke krav som settes for EoL tekstiler fra regjeringen, og hvordan EoL tekstiler må håndteres på gjenvinningsstasjonen slik at neste ledd kan ta det imot. På bakgrunn av dette er det utarbeidet to forskningsspørsmål:

- Hvordan kan tekstilavfallet tas imot, sorteres og klargjøres på Heggstadmoen for videre bearbeiding for å fremme sirkularitet og bærekraft gjennom gjenvinning og gjenbruk?

- Hva er de viktigste barrierene knyttet til sortering, hvorfor og hvordan kan disse barrieren overkommes?

1.3 Resultatmål

Målet til oppgaven er å analysere flyten (innsamling og sortering) av EoL tekstiler på gjenvinningsstasjonen og utarbeide kriterier for anbudet til innsamler av brukte tekstiler.

1.4 Effektmål

Den ferdige oppgaven har som mål å oppnå resultater direkte knyttet til effektivitet og kostnader hos TRV, samt bidra til økt kunnskap om EoL tekstiler. Disse er summert opp i punkter:

- Redusere kostnader knyttet til EoL tekstiler hos TRV

Institutt for Industriell Økonomi og Teknologiledelse

- Øke utsortert volum av EoL tekstiler på Heggstadmoen
- Redusere volum tekstiler som havner i restavfall
- Kartlegge fremtidige krav til tekstilhåndtering
- Bidra til økt kunnskap innenfor håndtering av EoL tekstiler
- Øke effektiviteten for sortering og håndtering av EoL tekstiler hos TRV

1.5 Rammer

Utgifter

Oppgaven i seg selv krever ikke store utgifter, bortsett fra reiseutgifter til bedriften og relevante konferanser. Disse er små og dekkes av studenten.

Utstyr

Oppgaven krever lite utstyr, og har hovedsakelig behov for observasjon av dagens løsning hos TRV og innsamlet informasjon fra NGO gjennom intervjuer. I tillegg vil NTNU-bibliotek og tilgjengelige tidsskrifter brukes for å finne relevant litteratur til litteraturstudiet.

Tid

Tiden tilgjengelig for oppgaven er fra 09.01-24 til 24.05-24.

I tillegg til bacheloroppgaven skal det gjennomføres en prosjektoppgave i emnet INGT2300 i samarbeid med studenter fra andre ingeniørlinjer. NTNU foreslår oppdeling av tid for hver oppgave, med fokus på prosjektoppgaven fra mandag til onsdag, og arbeid med bacheloroppgaven torsdag og fredag. I tillegg til dette må det tas hensyn til jobb som i hovedsak foregår torsdag og fredag. Jeg tar derfor utgangspunkt i å jobbe med prosjektoppgaven og bacheloroppgaven parallelt mandag til onsdag, i tillegg til moderat jobbing med bacheloroppgaven på torsdag og fredag. Denne planen er tentativ og vil justeres ved behov.

2 ORGANISERING

Rolle	Enhet	Navn
Prosjektansvarlig	NTNU	Karoline Sørensen
Veileder	NTNU	Heidi Carin Dreyer
Kontaktperson	TRV Gruppen	Ingjerd Bunkholt

3 GJENNOMFØRING

Institutt for Industriell Økonomi og Teknologiledelse

3.1 Hovedaktiviteter

Oppgaven skal kartlegge hvilke muligheter som finnes på markedet og hvordan TRV må forholde seg til disse i anbudsprosessen. Dette inkluderer:

- Kartlegge dagens volum, prosesser og løsning på gjenvinningsstasjonen til TRV.
- Intervjuer med NGO (Fretex, UFF etc.) for å kartlegge kriterier for mottak av EoL tekstiler
- Litteraturstudie i relevante kilder for å etablere rammeverk for analyser (eks. Pilotprosjekter, EU-direktivet)
- Analyser og økonomiske vurderinger knyttet til innsamling og sortering
- Utarbeide forslag til anbudskriterier knyttet til logistikk.

3.2 Milepæler

26/01-24: Innlevering av Forprosjekt

26/01-24: Oppstart litteraturstudie

05/02-24: Markedsanalyser (intervju)

14/02-24: Avfallskonferansen Midt-Norge

TBD: Stikkprøver Heggstadmoen

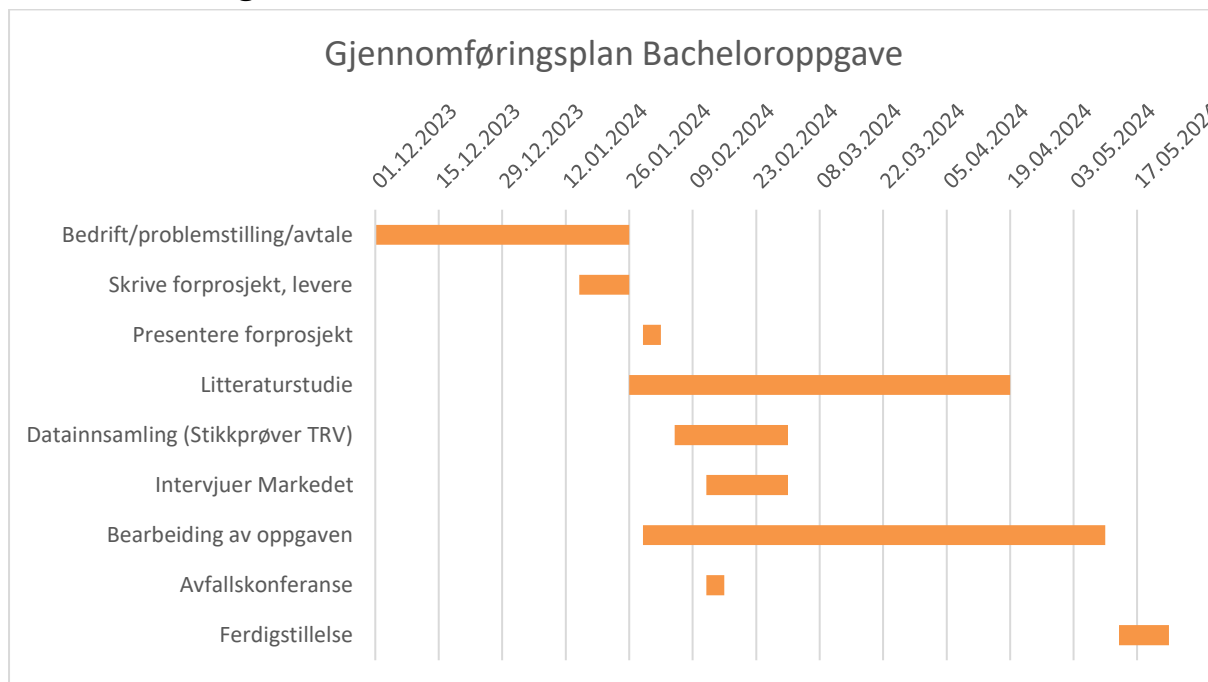
07/05-24: Ferdig prosjekt til revidering (tentativ)

4 OPPFØLGING OG KVALITETSSIKRING

4.1 Kvalitetssikring

- Litteraturstudier
- intervjuguide og transkribering av notater fra intervju
- Teori
- Veiledning og diskusjoner/tilbakemeldinger fra bedrift

5 VEDLEGG

5.1 Gantt-diagram

5.2 Adresseliste

Rolle	Navn	Bedrift	Mobil	Mail	Adresse
<i>Student</i>	Karoline Sørensen	NTNU	932 11 056	karosor@stud.ntnu.no	Weidemanns Vei 1A, 7014 Trondheim
<i>Veileder</i>	Heidi Carin Dreyer	NTNU	982 91 146	Heidi.C.Dreyer@ntnu.no	
<i>Kontaktperson TRV</i>	Ingjerd Bunkholdt	TRV Gruppen	957 36 722	ingjerd.bunkholdt@trvgruppen.no	

5.3 Avtaledokument (se standardavtalen)**Avtale**

Avtale for gjennomføring av bacheloroppgave mellom NTNU, oppdragsgiver (firma, etat) og student(er).

Avtalepartnere

NTNU Fakultet for Økonomi Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse	Veileders navn/tlf/e-post: Heidi Carin Dreyer +47 982 91 146 Heidi.C.Dreyer@ntnu.no
Oppdragsgiver Firma/etat/ TRV Gruppen AS	Ingjerd Bunkholt: 95 73 67 22 ingjerd.bunkholt@trvgruppen.no:
Student: Karoline Sørensen	
Gruppe nr: 12	
Prosjekt-tittel/arbeidstitel	Mot Sirkulær Tekstilhåndtering hos TRV: Kriterier, Krav og Kostnadsanalyse av EoL tekstiler

C Skallmodell

Input									
Beslutningsvariabel									
Output									
Sorteringsmodell				Innsamlingsmodell					
				Datagrunnlag (bakgrunnsinformasjon)					
Variabler operatør				Tekstilavfall Fraksjoner \ År					
Arbeidsdager per år	230			2020	2021	2022	Average		
Kapasitet / operatør / år	172.5			Kildesortert på gjenviningsstasjonen [Tonn]	135.8	92.6	99.4	109.266667	
Operatørkostnad / år	kr 750 000.00			Kildesortert på gjenviningsstasjonen Prosent	10.28 %	6.13 %	6.98 %	0.077976619	
Forbrenningsavgift / Tonn	kr 485.00			Restavfall på gjenviningsstasjonen [Tonn]	2752	2296	2154	2400.666667	
				Tekstiler i restavfall på gjenviningsstasjonen [Tonn]	137.6	114.8	107.7	120.0333333	
				Tekstiler i restavfall på henteordning [Tonn]	1047	1303	1217.5	1189.166667	
				Innsamlet per år	1320.4	1510.4	1424.6	1418.466667	
Variabler materialer				Mengde tekstiler [Tonn / år]					
Material	Andel av materialer i strømmen	Inntekt NOK/Tonn		Andel tekstil i restavfall	5 %				
Resirkulerbart (sum fibermaterial)	20 %	5105		Antall husstander	113936				
Ombruk	50 %	10000		Husstander per rute	2000				
Bomull 88%+	11 %	3250		Innsamlingskostnad per rute (1 bil, 2 pers)	kr 40 000.00				
Polyester	7 %	1500		Innsamlingsandel fra restavfall	100 %				
Blanding bomull polyester	2 %	1500		Kapasitet / operatør / Dag	0.75				
Restavfall	30 %								
				Variabel tekstilmengder					
				Innsamlede tekstiler [Tonn / År]	1418.466667				
				To-strøms					
				Tre-strøms		Fler-strøms			
Antall innsamlingsfraksjoner [Binærvariabel]				Henteuker					
Antall operatører	0	0	0	Operatører [antall / år]	2				
Materialmengder [Tonn / år]				Innsamlet per husstand [kg / år]					
Resirkulerbart (sum fibermaterial)	0	283.6933333	0	Innsamlet per rute [kg / uke]	12449.67935				
Ombruk	709.2333333	709.2333333	709.2333333	Sorteringstid per rute per operatør [dager / rute]	16.59957247	Arbeidsdager per år	230		
Bomull 88%+	0	0	156.0313333	Sorteringstid [dager / år]	331.9914494				
Polyester	0	0	99.29266667						
Blanding bomull polyester	0	0	28.36933333						
Restavfall	709.2333333	425.54	425.54						
Inntekter				Kostnader					
Ombrukbart	kr 0.00	kr 1 448 254.47	kr 0.00	Innsamlingskostnad / år	kr 1 600 000.00				
Resirkulerbart	kr 7 092 333.33	kr 7 092 333.33	kr 7 092 333.33						
Bomull	kr 0.00	kr 0.00	kr 507 101.83						
Polyester	kr 0.00	kr 0.00	kr 148 939.00						
blanding bomull og polyester	kr 0.00	kr 0.00	kr 42 554.00						
Utgifter									
Tekstilavfall	kr 343 978.17	kr 206 386.90	kr 206 386.90						
Operatørkostnad	kr 0.00	kr 0.00	kr 0.00						
Resultat									
Inntekter	kr 7 092 333.33	kr 8 540 587.80	kr 7 790 928.17						
Utgifter	kr 343 978.17	kr 206 386.90	kr 206 386.90						
Sorteringsresultat	kr 6 748 355.17	kr 8 334 200.90	kr 7 584 541.27						

D KI Deklarasjon



Deklarasjon om KI-hjelpemidler

Navn:	Karoline Sørensen
Emnekode og -navn:	TLOG3001 Bacheloroppgave logistikk
Semester	Vår 2024

Har det i utarbeidelsen av denne oppgaven/rapporten/arbeidet blitt anvendt KI-baserte hjelpemidler?

- Nei
 Ja

Hvis *ja*: spesifiser type verktøy og bruk i DEL I nedenfor. Hvis *nei*: gå rett til DEL II og fyll ut

DEL I

Tekst

- Stavekontroll:** Er deler av teksten kontrollert av KI-verktøy?
(F.eks. *Grammarly, Ginger, GrammarBot, LanuageTool* eller lignende)
- Skriveassistanse:** Er en eller flere av ideene eller fremgangsmåtene i oppgaven foreslått av KI-verktøy? (F.eks. *ChatGPT, Google Bard, Bing Chat* eller lignende)
- Tekstgenerering:** Er deler av teksten generert av KI-verktøy?
(E.eks. *ChatGPT, GrammarlyGO, Copy.ai, WordAi* eller lignende)

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

Skriveassistanse brukt ved skriving av sammendraget for hjelp til formulering og innhold.

Bilder og figurer

- Bildegenerering:** Er ett eller flere av bildene/figurene i rapporten blitt generert av KI-verktøy?
(F.eks. *Midjourney, Jasper, Dall-E* eller lignende)?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

Kode og algoritmer

- Programmeringsassistanse:** Er deler av koden/algoritmene som i) fremtrer direkte i rapporten eller ii) har blitt brukt for produksjon av resultater slik som figurer, tabeller eller tallverdier blitt generert av KI-verktøy? (F.eks. *GitHub Copilot, CodeGPT* eller lignende)?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

Datagenerering og -analyse

- Datagenerering:** Er hele eller deler av datagenereringen gjennomført ved hjelp av KI-verktøy?
- Dataanalyse:** Er dataanalysen gjennomført ved hjelp av KI-verktøy?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

Annet

- Andre KI-verktøy:** Har andre typer av verktøy blitt anvendt?

Hvis *ja*, spesifiser hvilke du har brukt og bruken her:

DEL II

- Jeg er kjent med NTNUs regelverk: Det er ikke tillatt å generere besvarelser ved hjelp av kunstig intelligens og levere den helt eller delvis som egen besvarelse. Jeg har derfor redegjort for all anvendelse av kunstig inntelligens enten direkte i oppgaven/rapporten/arbeidet eller i dette skjema.*

Karoline Sørensen, 20/05-24, Trondheim

Underskrift, dato, sted

E Excelmodeller

Excelmodeller

